

Manual Técnico de Construcción


APASCO
APASCO
APASCO
APASCO
APASCO
APASCO



José Luis García Rivero

Dirección de Proyecto
Ing. Guillermo García Anaya

Coordinación General
Lic. Francisco José Fernández Carrillo
Lic. Luis Manuel Rivera Fosado
Ing. Marcial Sánchez Escobedo
Lic. Carolina Melquiades Romero

Colaboración especial
Ing. Jorge Javier Martínez
Ing. Carlos Ibarra Martínez

Agradecimiento especial
Centro Tecnológico del Concreto
Grupo Holcim Apasco

Derechos reservados conforme a la ley

1a. edición julio de 2002
2a. edición julio de 2004
3a. edición febrero de 2006
4a. edición diciembre de 2008
© Cementos Apasco, SA de CV.
Impreso y hecho en México
ISBN-968-7680-26-1



Editorial
Fernando Porrúa

fernando-porrua@live.com.mx

Contenido sintético

Presentación

Estimados lectores:

La evolución y actualización son una constante en nuestra compañía, por ello, tengo el gusto de presentar la cuarta edición del Manual Técnico de Construcción Holcim Apasco, que al paso de los años ha demostrado su utilidad y valía para todos los que se dedican a la compleja actividad de la construcción.

Holcim Apasco forma parte de uno de los líderes mundiales en la producción y comercialización de cemento, concreto premezclado y agregados, materias primas que están presentes en cualquier actividad de la construcción, por ello, reiteramos nuestro interés en contribuir al crecimiento y profesionalización de la industria mediante publicaciones técnicas que guíen los procesos constructivos con base a estándares y prácticas probadas.

La presente edición ha evolucionado a la era digital, que sin demeritar a los impresos, nos brinda beneficios importantes como la preservación ecológica a través de la no utilización de papel, y además proporciona otras ventajas al usuario, como son:

- Facilita la búsqueda rápida de algún concepto o capítulo en específico
- Permite la impresión de los capítulos o secciones de interés
- Las imágenes o fotografías se pueden incrementar para obtener un mejor detalle

- Es de fácil acceso para todo aquel interesado
- Se puede llevar o compartir con facilidad
- Posibilita el alcance a más lectores

Con lo anterior, cumplimos con nuestro deseo de convertir el manual en un referente académico, técnico y práctico para todos los profesionales de la construcción en nuestro país.

En la revisión de esta nueva edición se cuidó ante todo la actualización con las Normas Oficiales Mexicanas y Reglamentos de Construcción afines y vigentes, contando nuevamente con el aval del Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM), a todos los participantes nuestro sincero agradecimiento.

Deseamos que esta nueva edición satisfaga sus expectativas, sea de utilidad y cumpla con el propósito para lo que fue creado.

Cordialmente,

Eduardo G. Kretschmer Castañeda
Director General
Holcim Apasco

Colegio de Ingenieros Civiles de México

Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.
A los lectores de este manual
P r e s e n t e,

El Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C., tiene entre sus objetivos y políticas, responsabilidades ante la sociedad entre las cuales destacan la de fomentar la participación de sus miembros en actividades profesionales que coadyuven en la solución de problemas de la comunidad y el país; vigilar y fomentar entre sus miembros que el ejercicio de la profesión se realice en armonía con el medio ambiente; buscando el desarrollo sustentable y promover la edición de publicaciones técnicas y científicas con visión prospectiva que colaboren en el progreso de la profesión.

La elaboración y publicación del Manual Técnico de Construcción Holcim Apasco es entonces una obra que representa claramente una parte importante de nuestros objetivos y políticas; por lo que el gremio de los Ingenieros Civiles la recibe gratamente.

Sin duda, este manual es un excelente material bibliográfico de apoyo académico, didáctico y práctico para los docentes y estudiantes de las carreras de Ingeniería Civil, así como para los profesionistas relacionados con la industria de la construcción.

El Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C., reconoce el interés y el esfuerzo del Grupo Holcim Apasco, reflejado en estas páginas para promover una práctica sana y adecuada de los procesos constructivos.

Enhorabuena y bienvenida esta nueva edición.

Ing. Luis Zárate Rocha
Presidente
XXXII Consejo Directivo

Es indudable que los conocimientos en un área específica del quehacer humano, volcados en un libro técnico, son, un elemento promotor del desarrollo de un país. En el caso del Manual Técnico de Construcción Holcim Apasco, que realiza el Ing. José Luis García Rivero, con el apoyo invaluable del Grupo Holcim Apasco, tiene la virtud de compilar su experiencia con la información de múltiples autores relacionados con la edificación, todo ello con base en la Norma Mexicana correspondiente, según el artículo 54 de la Ley Federal sobre metrología y normalización, de reciente publicación.

El análisis metodológico y secuencial del quehacer de la construcción contempla las fases de: desmantelamiento, demolición, limpieza del terreno, el trazo, las excavaciones, los acarreos y rellenos; continúa con el acero de refuerzo, el cemento, los agregados pétreos, el agua de mezclado, los morteros, las lechadas, el cimbrado y descimbrado de elementos estructurales, el concreto hecho en obra, el premezclado, los aditivos posibles de acuerdo a sus propiedades y limitaciones; las recomendaciones para juntas de dilatación y construcción, los efectos de la temperatura durante el vaciado, los diferentes tipos de cimentaciones, los trabajos de albañilería comúnmente utilizados y los acabados más usuales del concreto.

Cabe señalar, que en cada fase de la construcción se detallan en forma precisa, las generalidades, las recomendaciones procedentes, desarrollando ejemplos de especificaciones.

Finalmente se anexan apéndices muy útiles, sobre conversión de unidades, fórmulas geométricas y trigonométricas, así como la revisión paramétrica de cuantificaciones y se concluye con un glosario de términos, que vincula las definiciones técnicas, con los usos y costumbres, en el medio de la construcción.

A mi juicio el presente documento llena un hueco entre la auto-construcción y la industria de la construcción, además de introducir a los estudiantes y profesionistas recién egresados, de las carreras de ingeniería y arquitectura, a la práctica profesional.

El constructor con experiencia también encontrará, precisiones sobre especificaciones indispensables en toda construcción, con la seguridad de apoyarse en una norma oficial.

Dada la coincidencia idiomática latinoamericana, el libro tendrá una aplicación directa a los países de Centro y Sudamérica

Ing. Carlos Suárez Salazar †



Preliminares

En una construcción se consideran las siguientes actividades previas:

Desmantelamiento.

Demolición.

Limpieza de terreno.

Trazo y nivelación.

Excavación.

Bombeo.

Acarreos dentro y fuera de la obra.

Relleno.

Desmantelamiento

Generalidades

Cuando existan construcciones provisionales, parciales o cuya vida útil o tiempo de servicio ya ha concluido, se tienen que retirar para dar lugar a un nuevo proyecto. No obstante el desuso o la inutilidad de estos espacios, pueden ser objeto de reuso o tener algún valor.

El constructor se encargará de desmantelar cualquier tipo de construcción de acuerdo con lo que expresamente ordene o solicite el dueño del proyecto,

Índice sintético | Índice general |

quien contrata al constructor. Será él quien determine el destino de los materiales, objetos o equipo producto del desmantelamiento, señalando oportunamente el lugar y la forma en que deberán depositarse los materiales aprovechables.

Clasificación de los desmantelamientos por resguardo o propiedad:

- **Con recuperación.** El propietario de lo desmantelado es el dueño del proyecto.
- **Sin recuperación.** En este caso los materiales, objetos o equipo se consideran chatarra sin valor, con acuerdo del dueño del proyecto. Si el constructor considera recuperables esos materiales, los costos derivados de este desmantelamiento los absorberá directamente él.

Recomendaciones:

- Es importante que durante el proceso de negociación, contratación, programación y presupuestación, cualquiera de las dos opciones anteriores queden perfectamente especificadas en estos trabajos.
- Antes de los desmantelamientos se deberá realizar un inventario con apoyo gráfico (croquis de ubicación) y fotográfico de los materiales, objetos y equipo que sean recuperables.
- El desmantelamiento, el resguardo y el traslado se deberá realizar con personal experimentado y calificado, con el equipo de seguridad y las herramientas adecuadas para prevenir daños considerables a los materiales o equipos, ya que estos daños o perjuicios serán imputables al constructor.
- El trabajo de desmantelamiento de estructuras metálicas se efectuará considerando su posterior utilización, por lo que todas las piezas o secciones deberán separarse y manejarse cuidadosamente. Las piezas deberán ser clasificadas, referenciadas y marcadas previamente con pintura indeleble, de manera que se identifiquen posteriormente al reconstruir la estructura.
- En cuanto a los canceles, ventanas y herrería en general, el desmantelamiento se hará tomando las precauciones necesarias para no fracturar los vidrios, si se encuentran en perfecto estado.

- En el caso de desmantelamiento de plantas industriales se deberá contar con el visto bueno de las autoridades ecológicas locales a fin de evaluar y prevenir el grado de contaminación o toxicidad de los equipos desmantelados y los lugares que se destinen finalmente para su acopio o almacenamiento.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Por superficie. Convencionalmente se mide por metro cuadrado (m^2) y por una cara. Aplicable a ventanería o cancelería de madera o metálica. La medición deberá realizarse antes del desmantelamiento.
- Por pieza (pza), cuando se trate de elementos completos o no desarmables, tales como: puertas, postes, lámparas, chapas, muebles de baño, etc.
- Por longitud medida efectiva en metros lineales (m). Aplicable al cable eléctrico, tuberías, etc. La medición deberá realizarse posterior al desmantelamiento para mayor exactitud.
- Los trabajos de desmantelamiento pueden incluir el acarreo manual o mecánico a una primera estación (20 m) a menos que en las especificaciones del concepto se indiquen procesos y alcances diferentes.
- Por peso, para el acero estructural, se medirá convencionalmente en kilogramos (kg) o toneladas (ton). El peso se determinará considerando los datos y características físicas señalados en los manuales y catálogos correspondientes y aplicables a cada uno de los perfiles o elementos de acero. En caso de existir duda o controversia, por acuerdo previo y para contar con mayor precisión se hará uso de básculas debidamente aprobadas, calibradas y certificadas por las autoridades competentes.

Demolición

Generalidades

Las construcciones parciales o provisionales que se ubican dentro del área del nuevo proyecto tendrán que ser demolidas una vez que el material o equipo recuperable o de reuso haya sido desmantelado.

La demolición es el efecto de fragmentar los elementos estructurales o arquitectónicos hasta obtener un tamaño menor y manejable, bajo condiciones de orden, eficiencia, limpieza y seguridad estructural, tanto para el predio en cuestión como para los predios o vías públicas colindantes.

El constructor se encargará de demoler cualquier tipo de construcción de acuerdo con el dueño del proyecto y, desde luego, con el director responsable de la obra (perito) acreditado por la autoridad gubernamental respectiva.

En algunos casos, el contratante o su representante técnico, fijará el destino o la zona de tiro de los escombros o productos de la demolición; en otros casos el tiro será libre y a elección del constructor. Estos se consideran material de desecho, por lo que el constructor podría, en un momento dado, disponer de él. En este caso se deberá contar con la autorización del propietario del proyecto, ya que los materiales provenientes de la demolición son suyos.

Recomendaciones

- Demolición de elementos de concreto simple o armado.
    - Los elementos de concreto simple o armado se demolerán mediante herramientas de mano, maquinaria o, en casos particulares, el uso de explosivos con la debida autorización por parte de la autoridad local o federal.
    - Cuando se lleven a cabo demoliciones sobre superficies que serán mejoradas con rellenos se harán al ras del suelo, en el caso del concreto armado, el acero de refuerzo se cortará hasta dicho nivel.
    - Cuando la construcción a demoler ocupe el sitio destinado a otra estructura o se deban realizar cortes en el terreno, la demolición se hará hasta una profundidad igual o mayor al nivel máximo de corte.

- Demolición de mamposterías.
    - Los elementos de mampostería se demolerán mediante herramientas de mano, maquinaria o, en casos particulares, el uso de explosivos con la debida autorización por parte de la autoridad local o federal.
    - Cuando se lleven a cabo demoliciones sobre superficies que serán mejoradas con relleno, éstas se harán al ras del suelo.

- Cuando la construcción a demoler ocupe el sitio destinado a otra estructura, o se deban realizar cortes en el terreno, la demolición se hará hasta una profundidad igual o mayor al nivel máximo de corte.

- Demolición de muros, recubrimientos, aplanados y falsos plafones.
    - Se demolerán los muros, cadenas y castillos mediante herramientas de mano.
    - Los recubrimientos y aplanados se demolerán mediante herramientas de mano.
    - Los plafones se demolerán mediante herramientas de mano.
    - Cuando se trate de superficies en las que se construirá un nuevo proyecto, la demolición de los muros se realizará hasta el nivel de desplante.
    - La demolición en trabajos de remodelación se llevará a cabo hasta el nivel que indique el proyecto.
    - La demolición de recubrimientos y aplanados se realizará de tal forma que los muros sobre los que están aplicados no sufran daños ni desperfectos.
    - La demolición de falsos plafones se hará tomando las precauciones necesarias para evitar el daño a los plafones o entre los plafones y la losa de entrepiso, así como a los muros, pisos y recubrimientos que deban conservarse.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Los elementos de concreto simple o armado y la mampostería se medirán y cuantificarán por unidad de volumen, convencionalmente en metros cúbicos (m^3). Las mediciones respectivas para calcular el volumen se deberán tomar antes de la demolición, esto es, medido en banco. Cuando se incorpore en la demolición la recuperación del acero de refuerzo, este trabajo especial deberá ser considerado como parte de los rendimientos utilizados para ello.
- Por superficie medida en metros cuadrados (m^2) por una cara. Aplicable a muros de tabique, recubrimientos, aplanados, falso

plafón, etc. La medición deberá realizarse antes de la demolición. En cualquiera de los casos, se considera conveniente indicar el espesor al redactar el concepto. Este dato será imprescindible para el cálculo de los acarreos necesarios dentro y fuera de obra.

- En todos los casos anteriores y como parte complementaria de esta actividad, se considera el acarreo del producto de la demolición de forma manual con carretilla a una primera estación cercana (máximo 20 m y dentro de la obra).

Limpieza del terreno

Generalidades

Varias actividades y procesos forman el concepto de limpieza de terreno cuyo fin es eliminar la vegetación existente sobre un terreno, es parte importante de su habilitación para el desplante de una estructura y en la realización de una excavación.

El proceso de limpieza del terreno se realiza mediante las siguientes actividades:

- Desenraice: extracción de troncos, tocones y raíces.
- Roza: retiro de vegetación superficial (yerba, maleza o residuos de sembradíos).
- Limpia: retiro fuera de la obra o terreno del producto de las actividades anteriores.

Recomendaciones

- El desenraice, la roza y la limpia podrán ser realizados a mano o por medios mecánicos.
- Los residuos de estas actividades deben colocarse fuera de las áreas destinadas al proyecto transportándolos a los bancos de tiro o de desperdicio asignados previamente por el dueño del proyecto o a los acreditados por las autoridades ecológicas locales.
- Estas actividades se realizarán únicamente sobre la superficie que ocupará el proyecto. En aquellas áreas cuya habilitación sea imprescindible para maniobras, tránsito interno o para instalaciones provisionales tales como oficinas, almacenes o áreas de trabajo, los

costos que ocasionen estos trabajos deberán ser considerados como indirectos.

- Todo el material no aprovechable producto de la limpieza de terreno deberá ser depositado en algún lugar donde no estorbe mientras se acumula o se retira fuera de la obra.
- El proceso de limpieza de terreno deberá realizarse invariablemente con anticipación a los trabajos de construcción a fin de no entorpecer su desarrollo.
- Se debe tomar en cuenta que los daños y perjuicios producidos por la mala ejecución del proceso de limpieza de terreno, aún cuando sea autorizado, serán responsabilidad exclusiva del constructor.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- El cálculo de los trabajos de limpieza del terreno serán expresados en unidad de superficie, convencionalmente en metros cuadrados (m^2) o en hectáreas (ha), según la extensión de la superficie. Esta actividad no incluye el corte de terreno ni el retiro de la tierra contenida en la capa vegetal. Considerando que no todas las superficies tienen la misma densidad de vegetación y de árboles, se propone la siguiente clasificación (tabla 1) para determinar el porcentaje de superficie que se tomará en cuenta en la medición.

Tabla 1

Clasificación del terreno para la limpieza en función de la densidad de vegetación

REGIÓN	%*	DESCRIPCIÓN
1 Baja densidad	70	Existe nula o poca vegetación y su presencia es parcial sobre la superficie del terreno a limpiar. Los pocos arbustos o vegetación existentes no alcanzan alturas mayores a 0.20 m.
2 Semi densa	85	Se tiene mayor presencia de vegetación y arbustos. Estos pueden o no estar presentes en toda la extensión del terreno a limpiar y alcanzan alturas entre 0.20 y 1.00 m.
3 Densa	100	Se tiene presencia en toda la extensión del terreno de vegetación y arbustos y estos pueden alcanzar alturas mayores a 1.00 m. Puede encontrarse la presencia de árboles.

*Porcentaje de la superficie total a limpiar.

Trazo y nivelación

Generalidades

Se llama trazo al efecto de localizar, alinear, ubicar y marcar en el terreno o en la superficie de construcción los ejes principales, paralelos y perpendiculares señalados en el plano del proyecto, así como los linderos del mismo.

Se llama nivelación a los trabajos que se efectúan para conocer la diferencia de alturas de uno o varios puntos con respecto a uno conocido, denominado banco de nivel; éste puede ser verdadero o supuesto y de él depende la precisión del trabajo.

Al combinar los dos conceptos anteriores, el trazo y nivelación se obtiene la referenciación necesaria para ubicar al proyecto en el espacio y de acuerdo a las dimensiones y niveles preestablecidos.

Clasificación del proceso de trazo y nivelación:

- **Por medios manuales.** Cuando la superficie del terreno no es lo suficientemente grande cuyas dimensiones y desniveles no rebasen las tolerancias o márgenes de error establecidos para levantamientos topográficos.

- **Con aparatos de precisión.** Se utilizará el nivel y el tránsito. Este procedimiento se aplica cuando la superficie del terreno es lo suficientemente grande y sensiblemente desnivelada con el fin de evitar que durante la medición de distancias, alturas y ángulos se generen márgenes de error considerables.

Recomendaciones

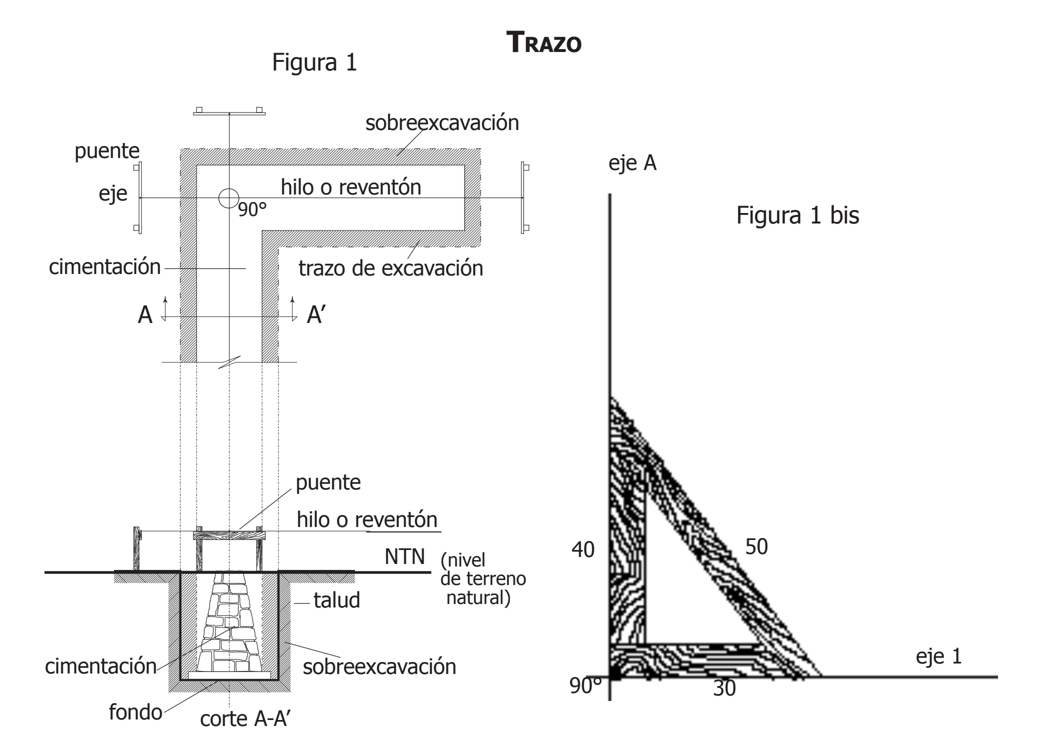
- En el trazo y la nivelación siempre es útil, si es posible, tomar como referencia las construcciones colindantes o de la vía pública (banquetas).

- Además de marcar los límites del terreno y los ejes principales del proyecto es importante trazar las ubicaciones de instalaciones o equipamiento no referenciados con ejes, tales como tomas de agua, registros, drenajes, etc.

- Para las referencias de los niveles y trazos necesarios, se deben construir los bancos de nivel y las mojoneras que se requieran procurando que su localización y firmeza sean adecuadas para evitar cualquier desplazamiento.

- Si el trazo se realiza en forma manual se hará uso de una escuadra de madera de ángulo recto cuyos lados midan 30, 40 y 50 cm respectivamente, esto permitirá marcar, cuando así lo requiera el proyecto, cruces de ejes o ángulos de 90°. Las dos líneas que se intersectan formando un cruce de ejes se señalan sobre el terreno con calhidra tomando como referencia de cada eje un hilo (reventón) colocado sobre el trazo del mismo eje y sujetado y tensado en los dos extremos. Una vez hecha la marca es posible retirar los hilos auxiliares. Este mismo procedimiento es aplicable para referenciar los límites de las excavaciones y las trayectorias de las líneas de drenaje, por ejemplo ver figuras 1 y 1 bis.

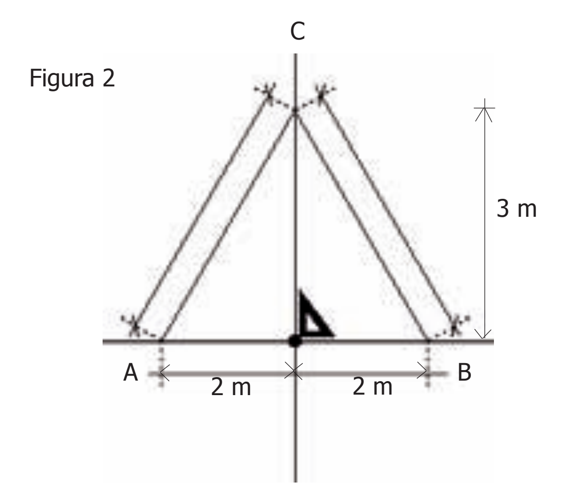
TRAZO



- Para verificar el trazo de ejes perpendiculares se utiliza un procedimiento manual. Una vez trazados y referenciados, se mide desde la intersección hacia cada uno de los lados una distancia de 2 m (punto A y B respectivamente), después, sobre el eje perpendicular se selecciona un punto a 3 m de la intersección (punto C). Para verificar un trazo perpendicular, la distancia entre C y A debe ser igual a la distancia C y B (ver figura 2).

Verificación del trazo de ejes perpendiculares

Figura 2

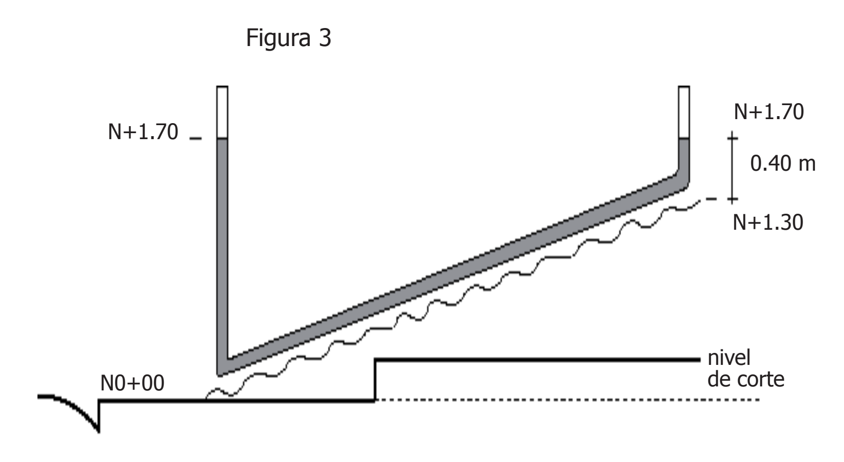


- Si la nivelación se realiza en forma manual se usará una manguera transparente de 10 m de longitud que contenga agua en su interior, de preferencia coloreada y libre de burbujas de aire. La presión atmosférica sobre el agua en cada uno de los extremos de la manguera es la misma, por lo que ésta tendrá el mismo nivel en ambos extremos. Se puede considerar como banco de nivel a una referencia fija (la superficie de una banqueta de concreto, por ejemplo) y que permanecerá así durante todo el proceso de construcción de la cimentación o por lo menos durante la construcción de la cimentación y el desplante del proyecto. Una vez establecido el nivel 0 + 00 del banco de nivel, se trasladarán los diferentes niveles requeridos hacia cualquier punto de la obra. Al referenciar así los niveles se ubicará clara y precisamente el nivel de piso terminado, por ejemplo, y a partir de las dimensiones indicadas en el proyecto se podrá calcular el nivel del desplante de la cimentación o la altura del entrepiso en cualquier punto de la obra (ver figura 3).
- Durante la toma de datos mediante aparatos de precisión, no se debe menospreciar la importancia de las notas. Si alguna de las cinco propiedades que se usan para evaluarlas (exactitud, integridad, facilidad de lectura, arreglo y claridad) no está presente, se tendrá como consecuencia pérdidas de tiempo, retrasos, errores y un

mayor costo para completar el trabajo de campo, los cálculos y los dibujos correspondientes. Actualmente se tienen disponibles recopiladores mecánicos que guardan información y datos para la medición en campo de ángulos y distancias. Estos datos se almacenan automáticamente oprimiendo teclas lo cual elimina probables errores de lectura y transcripción, tanto de campo como de gabinete; posteriormente el recopilador los transfiere a una calculadora para su procesamiento. Los recopiladores electrónicos de datos no reemplazan completamente los registros tradicionales de campo que se usan todavía para registrar información de apoyo, incluyendo croquis y notas de localización para el proyecto definitivo.

Nivelación

Figura 3



Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Se considera el metro cuadrado (m^2) o la hectárea (ha) como unidad de medición.
- Para el trazo y la nivelación de casas, edificios y edificaciones similares se considera la proyección horizontal sobre el terreno tomando los paños exteriores como límites de la superficie, aunque haya habido sobreexcavaciones para realizar la construcción de la cimentación. Se considerará sólo una vez aunque se tengan varias plantas sobre la misma superficie.
- Para el trazo y la nivelación de terrenos se toma en cuenta la superficie contenida en los linderos definitivos.

Excavación

Generalidades

La excavación es la actividad necesaria para la remoción y extracción de materiales del suelo o terreno, ya sea para alcanzar el nivel de desplante de una cimentación; la rasante en la construcción de un camino o el fondo de una cepa para alojar una tubería.

El procedimiento para la excavación está en función de las características del terreno y de los materiales por extraer o remover, así como el empleo de herramienta especial.

De acuerdo al procedimiento la excavación se clasifica de la siguiente manera:

- Excavación por medios manuales.
- Excavación por medios mecánicos.
- Excavación con explosivos, en casos particulares y con la debida autorización.

La profundidad es una de las características que determina la dificultad de una excavación, por lo que también se clasifica en función de ésta:

- Desde 0.00 hasta 2.00 m de profundidad.
- Desde 2.01 hasta 4.00 m de profundidad.
- Desde 4.01 hasta 6.00 m de profundidad.

La presencia de agua durante la excavación (nivel freático) representa una condición importante para valorar esta actividad, por lo que la excavación se clasifica también así:

- **Excavación en seco.** Cuando el material no presenta un contenido de humedad considerable.
- **Excavación en material saturado.** Cuando en su estado natural y antes de la excavación la superficie ha estado permanentemente expuesta al agua, aún cuando el nivel freático se abata durante el proceso de excavación y construcción de la cimentación.
- **Excavaciones en agua.** El abatimiento del nivel freático durante el proceso de construcción se logra mediante acciones de bombeo.

Si esto no es factible económica o técnicamente se considerará como excavación en agua.

Los suelos que serán excavados se clasifican considerando varias características tales como su origen, granulometría (densidad, tamaño y distribución de partículas), resistencia, deformabilidad, permeabilidad, etc. Para el proceso de excavación la clasificación de los suelos se define en función de la dificultad para ejecutar esta actividad y se clasifican así:

- **Material I.** Es aquel que es atacable, si el proceso es manual, utilizando únicamente pala, sin requerir el uso de pico, aún cuando éste se emplee para facilitar la operación. Si el proceso es por medios mecánicos, este material puede ser eficientemente excavado con una escrepa enganchada a un tractor sobre orugas cuya potencia sea de 90 a 110 caballos de fuerza (hp), sin el auxilio de arados o por otro similar, aún cuando éstos se utilicen para obtener mayores rendimientos. Los suelos de este tipo son blandos, no cementados cuya medida en prueba de penetración estándar o en compresión simple es menor o igual a 2.5 toneladas por metro cuadrado (ton/m^2). Lo anterior no excluye a otro tipo de suelo con otras características diferentes, si satisface las señaladas en el inicio de este inciso.
- **Material II.** Si el proceso es por medios manuales se requerirá el uso de pico y pala. Si el proceso es por medios mecánicos la dificultad de extracción y carga exigirá el uso de un tractor sobre orugas con cuchilla de inclinación variable con una potencia de 140 a 160 caballos de fuerza (hp) o con pala mecánica de 1 m^3 de capacidad mínima y sin el uso de explosivos, aún cuando por conveniencia se utilicen para aumentar el rendimiento. La resistencia a la compresión simple de este material es menor o igual a 40 ton/m^2.
- **Material III.** Si el proceso es por medios manuales, este material sólo puede removerse y alterarse con cuña y marro o con el uso de equipo menor como martillos neumáticos, o bien mediante explosivos o gel expansivo. Si el proceso es por medios mecánicos se requerirá del uso de martillos neumáticos adaptados al equipo pesado. En este material la resistencia a la compresión simple es de 400 ton/m^2.

Aspectos importantes para seleccionar el equipo básico para una excavación por medios mecánicos:

- Tipo de material que se va a excavar.

- Tipo y tamaño del equipo para acarreos.
- Capacidad de carga o resistencia del material que se va a excavar.
- Volumen del material excavado que se va a mover.
- Distancia a la zona de tiro.
- Tipo de camino para el acarreo.
- Tiempo máximo disponible para ejecutar los trabajos, cuando aplique.

Recomendaciones

- Las dimensiones de las excavaciones, niveles y taludes deberán estar indicadas claramente en el proyecto.
- Las excavaciones para cimentación deberán tener la holgura (sobreexcavación) mínima necesaria (en algunos casos se consideran 10 cm por lado) para que sea posible construir el tipo de cimentación proyectada. Esta holgura estará en función de la profundidad, del tipo de cimentación y del tipo de material que forma el terreno.
  En excavaciones para alojar tuberías para drenaje el ancho libre de excavación se determina en función del diámetro de la tubería a colocar dentro de la cepa y de la profundidad de la misma; esta información se presenta en la tabla 2.
- Los materiales resultantes de la excavación deberán emplearse para los fines que el proyecto especifique (relleno con producto de excavación, por ejemplo) o depositarse en el lugar asignado previamente para después acarrearlo fuera de la obra hasta la zona de tiro autorizada.
- Las características de diseño de algunas construcciones hacen posible aprovechar los taludes de la excavación como cimbra. Esta práctica debe estar avalada por la autoridad técnica de la obra y por el propietario del proyecto. Si es el caso, todas las raíces, troncos o cualquier otro material orgánico que sobresalga deberá cortarse a ras.
- Cuando se excava en suelos de material blando que presentan inestabilidad en los taludes se utilizarán troqueles o ademes.

- Los taludes y el fondo de la excavación serán terminados y afinados ajustándose a las secciones indicadas en el proyecto. Las piedras sueltas, derrumbes y en general todo material inestable del interior de la cepa será removido.

- Durante el tiempo que la excavación se encuentre abierta se tomarán medidas de seguridad y protección necesarias para evitar accidentes, derrumbes o inundaciones.

- En caso de encontrar agua y que ésta invada considerablemente los niveles de desplante o rasante será necesario sacarla mediante bombeo.

- Cuando se requiera excavar en material rocoso (material tipo III) y se autorice por escrito el uso de explosivos, el constructor está obligado a realizar las obras de protección necesarias para garantizar la seguridad de terceros, civiles o materiales. Está obligado también, a tramitar y obtener los permisos para su uso ante la Secretaría de la Defensa Nacional y contar, durante la ejecución, con el personal capacitado. El constructor será el responsable de los daños y perjuicios que sean ocasionados por el uso inadecuado de los explosivos o los que resulten por el transporte, almacenamiento y falta de seguridad además de la omisión de leyes y reglamentos vigentes relacionados con esta actividad.

- Durante el proceso de remoción y depósito del material producto de la excavación se tendrá especial cuidado en no interferir en las operaciones simultáneas o subsecuentes de la construcción en general.

- Cuando la excavación se realiza por medios manuales y en materiales tipo I o II se tendrán que hacer traspaleos, de acuerdo con la profundidad para extraer el material de la cepa.

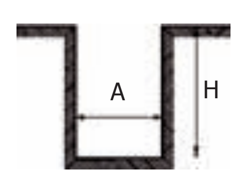
Tabla 2

Ancho libre de excavación de cepas para tubería

Diámetro nominal		Profundidad del fondo de la cepa (H)										
Centímetros	Pulgadas	hasta de 1.25 m	de 1.26m a 1.75 m	de 1.76m a 2.25 m	de 2.26m a 2.75 m	de 2.76m a 3.25 m	de 3.26m a 3.75 m	de 3.76m a 4.25 m	de 4.26m a 4.75 m	de 4.76m a 5.25 m	de 5.26m a 5.75 m	de 5.76m a 6.25 m
15	6	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
20	8	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
25	10		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
30	12		75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
38	15		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
45	18		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
61	24			135	135	135	135	135	135	135	135	135
76	30			155	155	155	155	155	155	155	155	155
91	36				175	175	175	175	175	175	175	175
107	42				190	190	190	190	190	190	190	190
122	48				210	210	210	210	210	210	210	210
152	60					245	245	245	245	245	245	245
183	72						280	280	280	280	280	280
213	84						320	320	320	320	320	320
144	96							360	360	360	360	360

Notas:

1. Las tuberías que se instalarán serán de juntas de macho y campana a no ser que expresamente se defina otro tipo de junta.
2. El colchón mínimo sobre el lomo del tubo será de 90 cm , a excepción hecha de los lugares en que, por razones especiales, se indique en los planos otro distinto.
3. A las excavaciones se les podrá dar el talud que se desee, pero sólo se tomarán en cuenta el volumen correspondiente a cepa de paredes verticales con el ancho fijado en esta tabla y el precio unitario correspondiente. Si se autoriza por escrito un ademe provisional, el ancho de cepa será el de esta tabla más el ancho ocupado por ese ademe. Es indispensable que a la altura del lomo del tubo, la cepa tenga realmente como máximo el ancho de cepa que se tomará en cuenta según esta nota.



Ancho libre de cepas según la profundidad de su fondo y el diámetro de la tubería

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Todas las excavaciones, ya sea por medios manuales o mecánicos, de cualquier tipo de material o profundidad, incluyen el depósito del material a borde de cepa. Los traspaleos o maniobras adicionales obligadas por la profundidad o dificultad del proceso estarán contempladas implícitamente en la selección de los rendimientos para cada caso.

- El afine de fondo y taludes es una actividad integral del proceso de la excavación. La medición de los volúmenes excavados se hará empleando como unidad el metro cúbico (m^3).
- Todos los volúmenes de la excavación se medirán en banco respetando los trazos y niveles de proyecto y las sobre-excavaciones autorizadas. Para su cuantificación no se considerará ningún abundamiento.
- Es permisible técnicamente que el constructor realice sobre-excavaciones mayores a las autorizadas para proporcionar más holgura a la maniobras de la cimentación. Si estas sobre-excavaciones no son autorizadas y no hay justificación técnica el costo será absorbido por el constructor.
- Cuando se trate de una excavación cuyo nivel freático haya sido abatido durante ésta, se considera, generalmente, como realizada en seco, tomando en cuenta el bombeo como una actividad complementaria independiente. Aunque, es posible conciliar esta apreciación, ya que a pesar de no excavar con la presencia de agua, la remoción y extracción de un material saturado presenta una dificultad mayor que el seco, por lo tanto su rendimiento es menor.

Bombeo

Generalidades

El control de los niveles del agua en el subsuelo es una parte fundamental durante la excavación y la construcción de una cimentación. Será necesario, entonces, drenar o abatirlo a fin de permitir que los trabajos se efectúen en condiciones relativamente secas. El abatimiento se logrará mediante el bombeo.

La ausencia de agua (sin llegar a un estado completamente seco) en la excavación estabiliza el fondo y los taludes, reduce las cargas laterales en los taludes, hace que el material de excavación sea más ligero y fácil de manejar y evita un fondo movedizo y lodoso, muy inconveniente para las actividades posteriores.

Para conservar una excavación libre de agua, en casi todos los tipos de suelos, el nivel freático se debe mantener a una profundidad, por lo menos de 60 cm o, preferentemente, a 150 cm por debajo del fondo de la excavación.

Los sondeos y estudios de mecánica de suelos realizados previamente proporcionan información útil para seleccionar el método de abatimiento más apropiado y económico. Es entonces importante conocer:

- La estratigrafía del terreno.
- La clasificación del suelo.
- El nivel freático probable durante la construcción.
- La permeabilidad del suelo.
- Los gastos de agua que deberán controlarse.
- La cercanía y disponibilidad de alguna fuente de energía para el equipo de bombeo.

Recomendaciones

- En excavaciones pequeñas, donde se encuentran suelos densos o cementados (partículas finas), es permisible recolectar el agua en zanjas o cárcamos en el fondo y extraerla con bombas; cuidando que la ubicación de las zanjas no interfiera con el proyecto.
- Las descargas de agua extraídas de las cepas deberá efectuarse evitando daños y perjuicios a terceros.
- La descarga se hará lo más distante posible de la zona de trabajo para evitar el retorno del agua.
- Los trabajos de bombeo se pueden realizar con equipo neumático, eléctrico o de combustión.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- La unidad para medir y cuantificar la labor de bombeo será en horas (hr) y, usualmente, no se considerará tiempo parcial o fracciones de hora.
- Se deben registrar las horas efectivas de bombeo. Convencionalmente no se considera el tiempo ocioso de transporte y maniobras de instalación de la bomba.

- El trabajo de bombeo está en función directa de las características del equipo: tipo de motor (diesel, gasolina, eléctrico), diámetro de la succión y descarga, tipo de acoplamiento, tipo de colador, tipo de bomba (sumergible, superficial, autocebante).
- Evitar que la bomba trabaje en seco, es decir, que el motor no funcione mientras no haya líquido que retirar. De no ser así se causarán graves daños en su funcionamiento.
- Tener disponible y cerca, bajo condiciones de seguridad, el combustible y los lubricantes, a fin de evitar tiempos muertos en la recarga.

Carga, acarreo y sobreacarreo

Generalidades

La carga es la maniobra que se realiza para depositar los materiales producto de trabajos varios como la demolición, la excavación o la explotación de bancos de préstamo por medio de un vehículo (camión) o herramienta (carretilla) para ser transportados posteriormente.

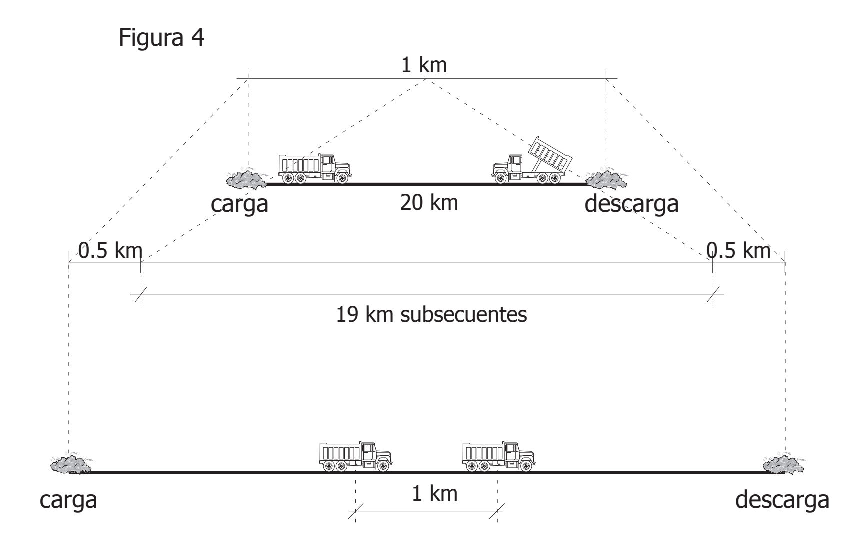
Acarreo es el efecto de trasladar o transportar esos mismos materiales, dentro de la obra, hacia un depósito provisional mientras no se le asigne un uso final o fuera de la obra, a una zona de tiro de depósito permanente o temporal, según sea el caso.

Acarreo libre es el traslado que se efectúa hasta una estación cuya distancia es definida en el proyecto: convencionalmente se hacen hasta 20 m si es por medios manuales (acarreo en carretilla) y hasta 1 km si es por medios mecánicos (acarreo en camión). El acarreo a una distancia total mayor se considera como sobreacarreo.

Sobreacarreo es el traslado que se efectúa a una distancia mayor a las contempladas en el acarreo libre y determinada por bloques, si el sobreacarreo es por medios manuales, en estaciones subsecuentes a la primera de 20 m y si es por medios mecánicos, en kilómetros subsecuentes al primero. Cabe hacer notar que estos rangos, 20 m para el acarreo manual y un kilómetro para acarreo en camión, no son limitativos; es aceptable fragmentar la distancia total en estaciones de cualquier otra medida, sólo hay que cuidar que el rendimiento utilizado sea compatible (ver figura 4).

Acarreo y sobreacarreo

Figura 4



Acarreo a tiro libre es el traslado que se efectúa desde la obra hacia cualquier destino y a cualquier distancia, siempre y cuando ese destino sea apto para tal efecto.

Clasificación de los acarreos por su carga:

- **Carga manual.** Cuando se utiliza únicamente pala y la fuerza humana para tal efecto.
- **Carga mecánica.** Cuando se utiliza algún equipo mecánico (maquinaria) para tal efecto.

Los acarreos libres y sobreacarreos por medios manuales (en carretilla) usualmente se realizan dentro de la obra misma.

Generalmente, los acarreos libres y sobreacarreos por medios mecánicos (en camión) son fuera de la obra, por lo que la velocidad de traslado, estará en función de las características del camino, del tránsito y de distancia.

Clasificación de sobreacarreos por las características del trayecto:

- Sobreacarreo en zona urbana. Tránsito normal. Pavimentado.
- Sobreacarreo en zona urbana. Tránsito intenso. Pavimentado.

- Sobreacarreo en camino montañoso o brecha.
- Sobreacarreo en camino de lomerío pronunciado. Montañoso. Brecha. Terracería.
- Sobreacarreo en camino de lomerío suave. Brecha de lomerío pronunciado. Terracería. Montañoso revestido.
- Sobreacarreo en camino plano de brecha. Lomerío suave terracería. Lomerío pronunciado revestido. Montañoso pavimentado.
- Sobreacarreo en camino plano de terracería. Lomerío suave revestido. Lomerío pronunciado pavimentado.
- Sobreacarreo en camino plano revestido. Lomerío suave pavimentado.
- Sobreacarreo en camino plano pavimentado.

Recomendaciones

- Es muy importante tomar en cuenta los factores que determinan la eficiencia de los acarreos:
    - La capacidad de carga de los camiones.
    - La cantidad de camiones que se utilizarán.
    - La capacidad y velocidad de la maquinaria.
    - La habilidad del operador de la maquinaria.
    - La distancia hasta la zona de tiro.
    - Las características del camino y el tránsito del trayecto completo.
    - El volumen total del material a trasladar.

La combinación balanceada, óptima y eficiente de los factores anteriores evitará los tiempos muertos durante el proceso de carga y acarreo.

La maquinaria de carga estará inactiva cuando la distancia al tiro sea considerable, la cantidad de camiones reducida y la capacidad y velocidad de la maquinaria elevada. Los pocos camiones se cargarán rápidamente y mientras se dirigen al tiro, descargan y regresan, ya se generó un tiempo ocioso. O también, si se aumenta el número de camiones, a pesar de la

elevada capacidad y velocidad de carga estos estarán ociosos mientras esperan su turno para cargar. Por lo tanto es importante:

- Verificar y mantener siempre en buen estado los equipos y máquinas involucradas en este proceso.
- Tener cerca, bajo condiciones de seguridad, los lubricantes y combustibles necesarios para esta actividad.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Los materiales que se consideran para efectuar los acarreos son:
    - El producto de la excavación.
    - El producto de la demolición (mampostería, elementos de concreto, pavimentos, muros de tabique, enladrillados, impermeabilizantes, entortados, rellenos o cualquier otro material similar)
    - Material de desperdicio en general: concreto, mezclas, pedacería de tabique, madera; durante y al final de la obra.

No se consideran materiales acarreables (para fines de costo independiente y cobrable) dentro ni fuera de la obra: arena, grava, piedra braza, agua, tepetate y/u otros materiales que se utilicen dentro de los alcances del proceso constructivo de la obra nueva. Estos acarreos deben estar incluidos en la actividad principal como la elaboración de mortero, concreto o relleno.

- La unidad convencional utilizada para medir el acarreo libre y el acarreo a tiro libre es el metro cúbico (m^3) tanto para el acarreo por medios manuales como mecánicos. Las dimensiones se consideran medidas en banco, es decir, antes de disgregar el material.
- La unidad para medir y cuantificar los sobreacarreos por medios manuales (en carretilla) será, convencionalmente, la estación de 20 m subsecuente a la primera multiplicada por cada metro cúbico (m^3) que se acarree (m^3-est). Los sobreacarreos por medios mecánicos (en camión) será en kilómetros subsecuentes al primero multiplicados por la cantidad de metros cúbicos que se acarreen (m^3-km).
- Será necesario, entonces, considerar factores de abundamiento aplicables a cada tipo de material para determinar y calcular el

volumen que se tendrá una vez excavado o demolido. Este volumen servirá para determinar el número óptimo de vehículos de carga a utilizar en los acarreos. El factor de abundamiento servirá para incluir en al análisis de costos el criterio de medida en banco.

Ejemplo: Si el factor de abundamiento aplicable al concreto demolido es de 1.50 (ver tabla 3), se debe entender que el volumen medido en banco se abundará o se aumentará en una proporción del 50% más con respecto a su estado antes de la demolición del bloque. El rendimiento aplicable al análisis del costo para acarrear cada 1.00 m^3 de concreto demolido será 0.66 m^3; si se aplica el factor de 1.50 al volumen de 0.66 m^3 se tendrá como resultado 1.00 m^3. En otras palabras: por cada 0.66 m^3 de concreto medido en banco antes de su demolición se tendrá 1.00 m^3 medido suelto, es decir, medido disgregado después de la demolición (1.00 m^3/1.50 = 0.66 m^3; o bien, 0.66 m^3 x 1.50 = 1.00 m^3)

En la tabla 3 se presentan los factores de abundamiento de algunos materiales utilizados en la obra.

Tabla 3

Factor de abundamiento por tipo de material

	MATERIAL	FACTOR ABUNDAMIENTO
1	Tierra (material tipo I o II), tepetate, arcilla, limo.	1.30
2	Arena, grava.	1.12
3	Concreto, piedra, mamposterías, suelo (material tipo III)	1.50

Relleno

Generalidades

Es el efecto que consiste en colocar el material producto de la excavación proveniente de un banco de préstamo para alcanzar niveles de desplante del proyecto, para mejorar o sustituir material natural inestable, para ocultar y confinar cimentaciones o cualquier otra excavación que lo requiera.

El relleno se clasifica de diferentes maneras:

- Por el grado de compactación:
    - **Relleno a volteo.** Cuando el material que se usa para el relleno se coloca en el sitio sin compactación alguna.
    - **Relleno compactado.** Cuando al material que se usa para rellenar se le aplica un proceso para aumentar su peso volumétrico (eliminación de vacíos) con el objeto de incrementar la resistencia y disminuir la compresibilidad.
- Por el tipo de material
    - **Material producto de la excavación.** En ocasiones cuando el material sobre el cual se construye y sobre el que se aloja el sistema de cimentación es resistente, estable y presenta gran capacidad de cohesión al aplicar la compactación, además de no estar contaminado, se utiliza para rellenar.
    - **Material de banco.** Cuando las características del suelo no son apropiadas para usarse como material de relleno se sustituirá por otro proveniente de un banco de préstamo. Entendiéndose por banco de préstamo el sitio de preferencia cercano a la obra y formado por material inherte, libre de contaminación y de granulometría uniforme que permita alcanzar el nivel óptimo de humedad para el proceso de compactación.

El objeto de un relleno compactado es densificar el suelo y se puede hacer aplicando carga con un peso estático; mediante golpes con un objeto; por vibración; por medios manuales (pisón de mano) o por medios mecánicos ligeros o pesados (vibroapisonador, placa vibratoria, aplanadoras o rodillos). La compactación se utiliza para eliminar los asentamientos y para hacer más impermeable el suelo, cuando sea el caso.

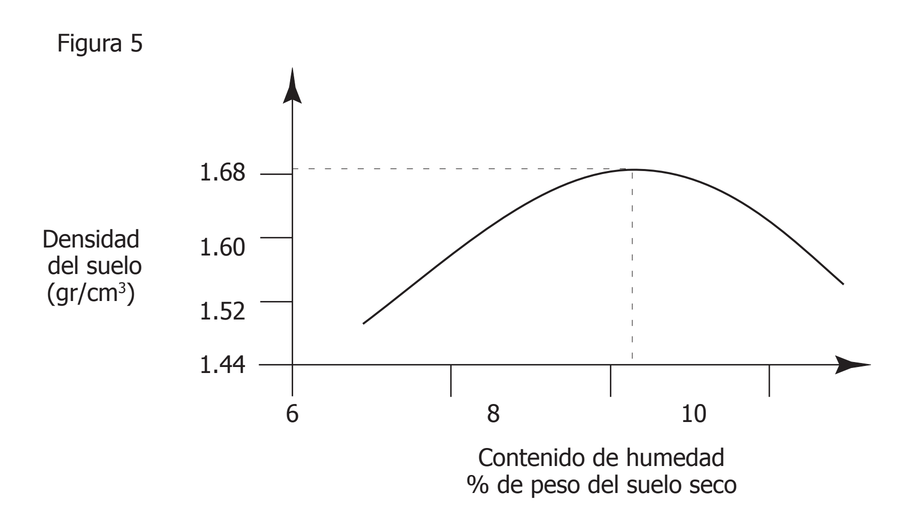
La compactación que debe obtenerse en los rellenos se especifica como un porcentaje mínimo del peso volumétrico máximo con humedad óptima que se determina en pruebas de laboratorio. Es decir, para un suelo y un esfuerzo de compactación dado, existe un contenido óptimo de humedad, expresado en porcentaje con respecto al peso del suelo seco, que permite el máximo grado de compactación. Para verificar lo anterior existe una prueba de laboratorio llamada prueba Proctor que se desprende de la norma

ASTM (American Society of Testing Materials) D698 y D1557: "Relaciones de humedad-densidad en suelos y con mezclas de suelo agregados, utilizando ariete de 2.50 kg (5.5 lb) para una caída de 30.50 cm (1.00 pie) y un ariete de 4.54 kg (10 lb) para una caída de 45.70 cm (1.50 pie)", respectivamente.

Se deben tomar varias muestras del relleno que se requiere verificar, aunado al grado de compactación obtenido y se someten a las pruebas de laboratorio para encontrar la densidad de la muestra del material compactado con relación al contenido de humedad; estos datos se grafican para determinar la densidad máxima con la humedad óptima, ver la figura 5.

Gráfica de densidad-humedad

Figura 5



La especificación de compactación para un relleno debe entenderse así: un requerimiento de compactación de 95% significa que el material, ya compactado, debe tener una densidad mínima del 95% del peso volumétrico máximo del terreno, el cual como ya se mencionó se obtiene cuando el material tiene un contenido óptimo de humedad. En la tabla 4 se presentan los requisitos de algunas compactaciones en función de su densidad en seco.

TABLA 4

COMPACTACIONES RECOMENDADAS PARA RELLENOS SECOS SIN PREVIA COMPACTACIÓN

	DENSIDAD EN SECO (kg/m³)	COMPACTACIÓN RECOMENDADA % (prueba Proctor)
1	Menos de 1400	–
2	Desde 1400 hasta 1600	95-100
3	Desde 1600 hasta 1760	95-100
4	Desde 1760 hasta 1920	90-95
5	Desde 1920 hasta 2080	90-95
6	Más de 2080	90-95

MÉTODO DE LA ARENA CALIBRADA

Se aplica para determinar la densidad del suelo que se va a compactar. El procedimiento es el siguiente:

- Se excava un agujero a lo largo del material que se compactará.
- Se extrae toda la tierra, se pesa y se guarda una muestra para determinar la humedad.
- Se llena el agujero con arena seca de densidad conocida.
- Se determina el peso de la arena utilizada para llenar el agujero y se utiliza para calcular el volumen del mismo.

Las características del material se determinarán así:

- Volumen del suelo (cm^3) = peso de la arena para llenar el agujero (gr) / densidad de la arena (gr/cm^3).
- % de humedad = 100 x (peso del suelo húmedo-peso del suelo seco)/peso del suelo seco.
- Densidad en obra = peso del suelo/volumen del suelo.

- Densidad en seco = densidad en obra/(1+% de humedad/100)
- % de compactación = 100 x (densidad en seco/densidad máxima en seco).

Estos datos se representan gráficamente como se muestra en la figura 5.

Recomendaciones

- Los rellenos compactados por medios manuales se hacen usualmente con:
    - **Pisón de mano.** Este utensilio se fabrica en obra y está hecho con una plancha de concreto o un pedazo de polín sujetos a un elemento vertical –puede ser una varilla– que sea rígido y con diámetro manuable que permita elevarlo verticalmente. El pisón se deja caer sobre el material; se realiza este proceso hasta alcanzar la compactación especificada. Tomar en cuenta que la máxima compactación alcanzable por medios manuales y en condiciones óptimas de humedad es de 82% aproximadamente, verificándose con la prueba Proctor. La compactación por medios manuales tiene limitantes en cuanto al peso volumétrico alcanzable, ya que la energía proporcionada en la compactación es menor que cualquier procedimiento de compactación mecánico aplicado eficientemente. Como referencia, el porcentaje de compactación del material propio para relleno, generalmente tepetate suelto que al llegar a la obra proveniente del banco de préstamo es entre 77 y 80%. Se acepta la aplicación de procedimientos manuales de compactación en cimentaciones poco profundas y con espacio de maniobra reducido dentro de la cepa y, si es obra en exteriores, en zonas donde no se tendrán condiciones de tránsito intenso de vehículos o para acostillados de tubería de concreto simple para drenaje.
- Los rellenos compactados por medios mecánicos se podrán hacer con equipo ligero o pesado:

  Con equipo ligero:

    - **Vibroapisonadora** (bailarina). Es recomendable usarla cuando el espacio de maniobra para la compactación es reducido e inaccesible para equipo más grande y cuando

se especifiquen compactaciones de entre 90 y 95%. Este equipo opera manualmente y tiene un mecanismo neumático de reacción alternada para provocar en el suelo el efecto de elevación/caída combinado con el de vibración.

- **Placa vibratoria y rodillo vibratorio.** Se usa cuando el espacio disponible de maniobras en la compactación es más grande y alcanza compactaciones entre 90 y 95%.

La compactación con equipos ligeros está limitada al proceso por capas cuyo espesor promedio es de 20 cm.

- Con equipo pesado:
  - **Compactadores pata de cabra.** Se utiliza para suelos granulares. Ofrecen producción a alta velocidad; la compactación dependerá de la presión unitaria y la velocidad del rodillo. No son adecuados para compactar material arenoso y están limitados por el espesor de la capa que se va a compactar.
  - **Compactadores con neumáticos.** Se utilizan para suelos granulares y arcillosos; no limos. Su peso varía desde muy ligero hasta 200 toneladas. Pueden ser autopropulsados o remolcados con tractor. El espesor de las capas por compactar dependerá de su peso.
  - **Compactadoras vibratorias.** Se utilizan para suelos granulares. La capacidad de compactación depende de la frecuencia y energía de las vibraciones. El espesor de las capas, en este caso no es un factor tan importante como en otros medios de compactación, aunque es preferible utilizarlo en capas no mayores de 20 cm de espesor.
- Los rellenos compactados deben realizarse por capas de espesores no mayores a 20 cm y cada capa se debe compactar antes de tender la siguiente. Con espesores mayores el esfuerzo se puede disipar y diluir, obteniéndose únicamente compactaciones aceptables en la superficie de la capa. Cuando es necesario, el material para relleno se humedece con equipo de riego. El cuidado de la humedad óptima del material de relleno es menos crítico en materiales granulares que en materiales finos como limos y arcillas. Estos procedimientos no deben contemplarse cuando el contenido de agua no puede llevarse

hasta el óptimo especificado a causa de factores no sujetos a control, como la humedad del ambiente. En ocasiones, cuando el material de relleno es muy fino, se puede mezclar un poco de detergente o material jabonoso para disminuir la tensión superficial natural del agua usada para humedecer el material y lubricar mejor las partículas del relleno. Se sugiere una proporción de 0.25 kg de detergente por cada metro cúbico de agua para relleno.

- Cuando se compacta un material de partículas finas y uniformes como el arcilloso y no tiene un contenido de humedad igual o menor al óptimo, se dice que el utensilio o equipo utilizado en la compactación rebota. El golpeteo constante, las vibraciones y la energía suministrada al relleno no logran que el material se cohesione o densifique debido a la falta de humedad, que funciona como lubricante entre las partículas de manera que al aplicar vibración, peso y energía se logre apretar y juntarlas más, desplazando los vacíos y se tenga, en consecuencia, menor volumen de relleno en el mismo espacio original, esto es densificando el material de relleno.
- Antes de colocar el material para relleno es obligatorio quitar la capa orgánica superior.
- Por economía, es recomendable que el banco de préstamo del material para relleno se encuentre tan cerca de la obra como sea posible.
- En la mayor parte de los rellenos, las partículas de suelo que se encuentren a 50 cm por debajo de cimentaciones, losas o de la superficie del terreno no deben tener dimensiones superiores a 7.50 cm.
- En la mayoría de los rellenos compactados resultan apropiadas densidades mínimas del 90 ó 95% (prueba Proctor) de la densidad máxima. Sin embargo, en otro tipo de construcciones son necesarias compactaciones de 100%; por ejemplo en las carreteras, pistas de aterrizaje de los aeropuertos o en otras áreas expuestas a grandes fuerzas de carga e impactos al suelo.
- Las densidades del material de relleno compactado en obra pueden ser mayores al 100% de la densidad máxima que se obtiene en pruebas de laboratorio. Con un esfuerzo de compactación más grande, se pueden alcanzar esas densidades cuyos contenidos de humedad no se encuentran en las curvas que se grafican con los resultados del laboratorio. Los suelos de grano fino no se deben sobrecompactar con una humedad menor a la óptima, porque al mojarse después de ser compactados, pueden expandirse y ablandarse mucho.

- En el campo se puede medir la energía de compactación por el número de pasadas que se dan con una máquina de peso dado a una velocidad determinada. Para una energía de compactación dada, la densidad varía con relación al contenido de humedad. Para un contenido de humedad determinado, aumentar el esfuerzo de compactación incrementa la densidad del suelo y reduce la permeabilidad de materiales arcillosos, no así en materiales granulares ni en limos.
- Todo el material de relleno y el lugar donde se va a colocar debe estar libre de carbón, cenizas, material orgánico, terrones, rocas, piedras y otros materiales igualmente inapropiados.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Los materiales para relleno se medirán considerando el metro cúbico (m^3) medido en el lugar del relleno y con base en los trazos, nivelaciones y sobreexcavaciones especificados en el proyecto o autorizados durante el proceso constructivo.
- Para rellenos compactados, la medición se hará en banco.

Acero de refuerzo

El acero de refuerzo es el que se coloca para absorber y resistir esfuerzos provocados por cargas y cambios volumétricos por temperatura y que queda ahogado dentro de la masa del concreto, ya sea colado en obra o precolado. El acero de refuerzo es la varilla corrugada o lisa; además de los torones y cables utilizados para pretensados y postensados. Es posible, también, reforzar el concreto ahogando perfiles rolados tales como vigas I, H, etc. Otros elementos fabricados de acero se utilizan como refuerzo del concreto: mallas, castillos y cadenas electrosoldados. Todos estos elementos son prefabricados.

Para efectos de este manual se considerarán: varillas corrugadas y lisas, mallas, escalerillas, castillos y cadenas electrosoldados.

Definición y características

Varilla corrugada de acero. Desde el no. 3 (3/8″) al no. 12 (1 1/2″). Ésta ha sido especialmente fabricada para usarse como refuerzo en el concreto. La superficie de la varilla está provista de rebabas o salientes llamadas corrugaciones, las cuales evitan el movimiento relativo longitudinal entre la varilla y el concreto que la rodea.

Alambrón. Varilla de acero que está desprovista de rebabas o salientes o si los tiene, no cumple con las especificaciones de corrugación.

Malla electrosoldada. Es un elemento fabricado con acero grado 60, laminado en frío, corrugado o liso electrosoldado. Se utiliza para reforzar firmes de concreto y capas de compresión en sistemas de losas aligeradas de concreto (las recomendaciones de uso se pueden consultar en el capítulo 11 de este manual). Tiene forma cuadriculada. Sus características físicas se presentan en la tabla 5.

Tabla 5

Características de malla electrosoldada de acero

DISEÑO	CALIBRE DE ALAMBRE		MALLA
	DIÁMETRO mm	ÁREA cm^2	ÁREA TRANSV. cm^2/m
66-1/4-1/4	6.35	0.32	2.08
66-44	5.72	0.26	1.69
66-66	4.88	0.19	1.23
66-88	4.11	0.13	0.87
66-1010	3.43	0.09	0.61

Escalerilla. Es un elemento fabricado con acero grado 60, laminado en frío y electrosoldado. Se utiliza para el refuerzo horizontal de muros de tabique rojo recocido, refractario o block de cemento (las recomendaciones de uso se pueden consultar en el capítulo 11 de este manual). Está formada por dos alambres longitudinales lisos calibre 10 (3.43 mm de diámetro) y por alambres transversales lisos con las mismas características que los longitudinales, espaciados a cada 25 cm. Todo el sistema está unido por medio de soldadura eléctrica. Sus características físicas se presentan en la tabla 6.

Tabla 6

Características de la escalerilla de acero

DISEÑO	ANCHO MURO cm	SEPARACIÓN ALAMBRE (cm)
10-2	10	9.0
12-2	12	10.5
15-2	15	13.0

Castillos y cadenas presoldados. Son elementos fabricados con acero grado 60, laminado en frío, corrugado y electrosoldado. Se utiliza para reforzar castillos y cadenas de concreto (las recomendaciones de uso se pueden

consultar en el capítulo 11 de este manual). Están formados por 2, 3 ó 4 alambres longitudinales corrugados calibre 14 y por alambres transversales corrugados con las mismas características que los longitudinales, espaciados a cada 25 cm. Todo el sistema está unido por soldadura eléctrica. Sus características se presentan en la tabla 7.

TABLA 7

CARACTERÍSTICAS DE CASTILLOS Y CADENAS PREFABRICADOS DE ACERO

	DISEÑO	SECCIÓN DE CONCRETO cm	SECCIÓN DEL ARMADO cm	ÁREA DE ACERO cm^2
4 varillas	15-10-4	15 x 10	10.2 x 5.1	1.267
	15-15-4	15 x 15	10.2 x 10.2	1.267
	15-20-4	15 x 20	10.2 x 15.3	1.267
	15-25-4	15 x 25	10.2 x 20.3	1.267
	15-30-4	15 x 30	10.2 x 25.4	1.267
	12-12-4	12 x 12	7.6 x 7.6	1.267
	12-20-4	12 x 20	7.6 x 15.3	1.267
	12-25-4	12 x 25	7.6 x 20.3	1.267
	12-30-4	12 x 30	7.6 x 25.4	1.267
3 varillas	10-10-3	10 x 10	5.1 x 5.1	0.950
	12-12-3	12 x 12	7.6 x 7.6	0.950
	15-15-3	15 x 15	10.2 x 10.2	0.950
	12-20-3	12 x 20	7.6 x 15.3	0.950
	15-20-3	15 x 20	10.2 x 15.3	0.950
2 varillas	12-2	12	7.6	0.634
	15-2	15	10.2	0.634

Características y requisitos de las corrugaciones para varillas corrugadas:

- Deben estar distribuidas de manera uniforme en la varilla.
- Deben estar colocadas a 45° con respecto al eje longitudinal de la varilla.
- La distancia entre las corrugaciones no debe exceder del 70% del diámetro nominal (ver tabla 9).

Clasificación

El acero de refuerzo se clasifica de acuerdo al límite de fluencia, según la tabla 8.
Las características físicas de las varillas se encuentran en la tabla 9.

Tabla 8

Clasificación del acero de refuerzo por su límite de fluencia

GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA MÁXIMA newtons/mm² (kg/cm²)	
30	294	3000
42	412	4200
52	510	5200

Nota: Información extraída de la norma mexicana NMX-C-407-ONNCCE-2001 relativa a las varillas corrugadas y lisas de acero.

Tabla 9

Características físicas de las varillas corrugadas para refuerzo de concreto

		DIMENSIONES NOMINALES				
NÚMERO	PESO/m	DIÁMETRO (mm)	DIÁMETRO (pulgada)	ÁREA (mm²)	PERÍMETRO (mm)	CANTIDAD DE VARILLAS DE 12M PO TONELADA
2.5	0.388	7.90	5/16	49.00	24.80	-
3	0.560	9.50	3/8	71.00	29.80	150
4	0.994	12.70	1/2	127.00	39.90	84
5	1.552	15.90	5/8	198.00	50.00	53
6	2.235	19.10	3/4	285.00	60.00	37
8	3.973	25.40	1	507.00	79.80	21
10	6.225	31.80	1 1/4	794.00	99.90	13
12	8.938	38.10	1 1/2	1140.00	119.70	9
14	12.147	44.50	1 3/4	1552.00	139.60	-
16	15.890	50.80	2	2026.00	159.60	-
18	20.076	57.20	2 1/4	2565.00	179.50	-

Nota 1. El número de designación de las varillas corrugadas corresponde al número de octavos de pulgada de su diámetro nominal.
Nota 2. El término peso utilizado en esta tabla debe considerarse más adecuadamente como masa refiriéndose a la cantidad de materia que contienen los cuerpos.
Nota 3. La información de esta tabla fue obtenida de la norma mexicana NMX-C-407 ONNCCE-2001 relativa a las varillas corrugadas y lisas de acero y a la información proporcionada por fabricantes de varillas.

Requerimientos mecánicos

- La respuesta a esfuerzos de tensión (prueba de tensión) se puede apreciar en la tabla 10.
- La respuesta y el comportamiento del doblado (prueba de doblado) se puede ver en la tabla 11.

Recomendaciones generales en el manejo del acero de refuerzo

- El acero de refuerzo debe estar libre de oxidación, sin grasa, quiebres, escamas, deformaciones e imperfecciones que afecten su uso.
- La presencia de escamas u oxidación superficial no será causa de rechazo sólo si éstas desaparecen al limpiar el acero manualmente con un cepillo de alambre además de que la varilla cepillada cumpla con las características de dimensión (sobre todo del área transversal) y los requerimientos mecánicos especificados. Es aceptable la superficie áspera que se forma durante la oxidación ya que no impedirá la buena y eficiente adherencia entre el acero y el concreto.

Tabla 10

Requisitos de tensión para varillas corrugadas

Número de designación	Resistencia a la tensión mínima en MPa (kgf/mm²)			Esfuerzo de fluencia mínimo, en MPa (kgf/mm²)			Alargamiento mínimo en 200 mm expresado en %		
	Grado 30 (1)	Grado 42	Grado 52 (2)	Grado 30 (1)	Grado 42	Grado 52 (2)	Grado 30 (1)	Grado 42	Grado 52 (2)
todos	490 (50)	618 (63)	706 (72)	294 (30)	412 (42)	510 (52)			
2.5								9	
3							11	9	
4, 5 y 6							12	9	
8								8	

(cont. tabla 10)

Número de designación	Resistencia a la tensión mínima en MPa (kgf/mm²)			Esfuerzo de fluencia mínimo, en MPa (kgf/mm²)			Alargamiento mínimo en 200 mm expresado en %		
	Grado 30 (1)	Grado 42	Grado 52 (2)	Grado 30 (1)	Grado 42	Grado 52 (2)	Grado 30 (1)	Grado 42	Grado 52 (2)
10								7	
12								7	6
14, 16 y 18								7	6

Nota 1. Las varillas grado 30 se suministran sólo en los números de designación 3 al 6 y sobrepedido.
Nota 2. Las varillas grado 52 se suministran sólo en los números de designación 12 al 18 y sobrepedido.
Fuente: norma mexicana NMX-C-407- ONNCCE-2001.

Tabla 11

Respuesta y comportamiento al doblado (prueba de doblado)

	Diámetro del mandril para pruebas de doblado		
Número de designación	Grado 30	Grado 42	Grado 52
2.5		3.5 veces d	
3, 4 y 5	3.5 d	3.5 veces d	
6	5 d	5 veces d	5 veces d
8		5 veces d	5 veces d
10		7 veces d	7 veces d
12		8 veces d	8 veces d
14, 16 y 18		9 veces d	9 veces d

Nota 1. La probeta o pedazo de varilla debe doblarse alrededor de un mandril (máquina dobladora de acero en barra, que para el efecto de la prueba se apoya en un punto circular rígido) sin que se agriete en la parte exterior de la zona doblada.
Nota 2. "d" es el diámetro de la varilla utilizada.
Nota 3. Las probetas de varilla con números de designación del 2.5 al 12 deben doblarse alrededor de un mandril a 180° y las del número 14 al 18 en un mandril a 90°.
Fuente: norma mexicana NMX-C-407-ONNCCE-2001.

- Para una completa y adecuada designación o referenciación al solicitar el acero de refuerzo se debe señalar los siguientes datos:
  - Cantidad expresada en kilogramos (kg), toneladas (ton) o metros (m).
  - Número y nombre de la norma a la cual haya que apegarse.
  - Número de varilla (ver tabla 9).
  - Característica de la superficie de contacto (corrugada o lisa).
  - Grado.
  - Presentación (rollo, barra recta o doblada).
- Para una completa y adecuada designación o referenciación al solicitar el alambrón deben señalarse los siguientes datos:
  - Cantidad expresada generalmente en kilogramos (kg).
  - Número de designación (ver tabla 9).
  - Presentación (tramos rectos o rollo).
- Los embarques, pedidos o remisiones de acero de refuerzo que se reciban en la obra, se estibarán de tal manera que se aísle al material de la humedad excesiva para evitar deformaciones; además de considerarlos como lotes independientes entre sí cuidando de no revolver un lote con otro, cuya calidad haya sido verificada o aprobada.
- Del material estibado se tomarán las muestras para las pruebas y en caso de que los resultados no sean satisfactorios o no cumplan con las normas de calidad establecidas, el material del lote completo será rechazado (ASTM-A-700 Practices for Packing, Marking and Loading Methods for Steel Products for Domestic Shipment).
- El acero de refuerzo debe estibarse y almacenarse por diámetros y grados en un lugar limpio, libre de contaminación y sobre alguna base para protegerlo contra la oxidación o cualquier otra afectación.
- Si por alguna circunstancia el acero de refuerzo que ha permanecido almacenado un tiempo considerable (o no se tiene certeza de su procedencia) se encuentra oxidado o deteriorado, se deben realizar una vez más, las pruebas de laboratorio necesarias para determinar si el acero es apto para utilizarse o no.

- Cuando las pruebas determinen que el grado de oxidación superficial no es tan grave, el retiro del polvo del óxido podrá hacerse mediante el uso de cepillo de alambre.
- Los procedimientos anteriores se aplicarán para retirar de la superficie del acero de refuerzo residuos de lechadas, cemento, concreto o pintura antes de colar.
- Debe evitarse el contacto de sustancias grasosas con la superficie de las varillas. Si esto sucediese se limpiarán con solventes que no dejen residuos grasos.
- El acero de refuerzo no se debe doblar o enderezar de ninguna forma que pueda dañarlo. Salvo lo que se señala en la tabla 11 y el doblez normal para el embarque.
- En aquellos casos en que sea necesario aplicar calor para doblar las varillas, la temperatura no debe ser mayor a 530°C y se debe dejar enfriar lentamente, sin inmersión, mediante la pérdida de calor por contacto con el medio ambiente. Esta práctica será válida si se realiza en el taller, donde se puede verificar y controlar la temperatura de doblado.
- Los dobleces en obra se deben hacer en frío.
- Si las varillas se encuentran parcialmente inmersas o ahogadas en el concreto, la temperatura de calentamiento debe estar entre los 315 y 400 °C.
- De acuerdo a sanas prácticas de construcción no se permite reenderezar y desdoblar varillas, ya sea por corrección de armado o para su reutilización.
- Las varillas se deben colocar y amarrar en los lugares indicados en los planos. Es importante verificar el alineamiento y colocación del acero antes de vaciar el concreto. Antes y durante el colado se debe evitar que las varillas se muevan de la posición especificada, mediante amarres, separadores, calzas, etc.
- El acero de refuerzo debe calzarse una vez colocado y armado para lograr el recubrimiento especificado. Se puede hacer con calzas prefabricadas de plástico o con calzas elaboradas de concreto o silletas de varilla. Estas últimas no deben utilizarse cuando el concreto estará expuesto directamente a los sulfatos, ya que las puntas de la silleta pueden funcionar como conductores para penetrar al concreto

y dañarlo, a menos que las puntas tengan un recubrimiento plástico. No utilizar madera.

- Tomar en cuenta las siguientes tolerancias en la colocación y ubicación del acero de refuerzo (CSRI: Concrete Reinforcing Steel Institute. Recomended Practice for Planning Reinforcing Bars. Manual of Standard Practice)
    - En vigas y losas: ±6 mm en la distancia especificada desde la cara de tensión o de compresión; ±25 mm en el corte longitudinal y ±30 mm en la colocación longitudinal.
    - En vigas y columnas, el peralte "d" (distancia entre el armado del lecho sujeto a compresión y el lecho sujeto a tensión) no es permisible que se reduzca más de 3 mm con relación a lo especificado, ni que se reduzca el recubrimiento más de 5 mm.
    - En cualquier elemento estructural el recubrimiento no debe variar ± 5 mm de lo especificado.
    - En armados críticos se recomienda especificar 75 mm más de longitud con relación a la mínima calculada para varillas, a fin de compensar la acumulación de tolerancias.
- Tomar en cuenta las siguientes tolerancias en los espaciamientos del acero de refuerzo (CSRI: Concrete Reinforcing Steel Institute. Recomended Practice for Planning Reinforcing Bars. Manual of Standard Practice).
    - En las losas anchas y en muros altos: ±13 mm de espaciamiento entre varillas con relación a lo especificado.
    - En las vigas y columnas, el espaciamiento lateral y el espaciamiento entre capas múltiples de varillas no debe ser menor al especificado pero puede excederse 6 mm como máximo.
    - En las columnas, la distancia libre mínima entre varillas paralelas será la que resulte mayor al dividir entre 1.5 veces el tamaño máximo del agregado y, para varillas del no. 2.5 al no. 8, de 38 mm y para varillas del no. 10 o mayores, 1.5 veces el diámetro nominal de la varilla.

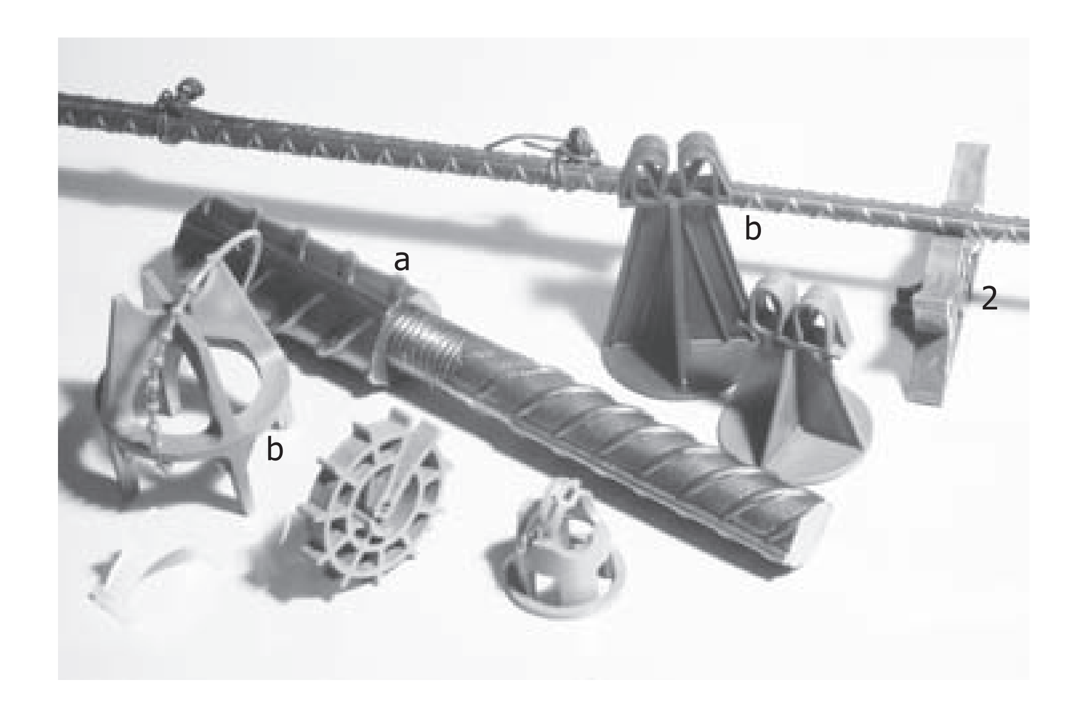


Foto 1
a. Conector mecánico que sustituye traslapes del acero de refuerzo.
b. Separadores de plástico para garantizar el recubrimiento del acero de refuerzo.

- En las vigas y trabes, la distancia libre mínima entre las varillas paralelas será la que resulte mayor al dividir entre 1.5 veces el tamaño máximo del agregado y, para varillas del no. 2.5 al no. 8, de 38 mm y para varillas del no.10 o mayores, 1.5 veces el diámetro nominal de la varilla.
- En las vigas y columnas, el espaciamiento entre los estribos será ±25 mm, pero es importante evitar que se acumule el error sucesivamente.
- Para muros y losas macizas (no reticulares o nervadas) el espaciamiento máximo entre los ejes del refuerzo principal será el que resulte menor entre 46 cm y 3 veces el espesor del muro o losa.

- Se permite el uso de paquetes de varillas de acero de refuerzo corrugadas paralelas y atadas para hacerlas funcionar como una unidad, debidamente amarradas y confinadas dentro de estribos. El número máximo de varillas en paquete es de 4. Es permisible tener traslapes en las varillas de estos paquetes a manera de escalonamiento: mínimo 40 veces el diámetro de la varilla que se trate. Este escalonamiento aumentará 20% para un paquete de 3 varillas y 33% para uno de 4.

Recomendaciones y requisitos para el habilitado de dobleces

- En la elaboración de bastones a base de acero de refuerzo el gancho del extremo será un doblez semicircular de 180° más una extensión mínima de 4 veces el diámetro de la varilla, pero no menor a 65 mm (ver tabla 12).
- La escuadra a base de acero de refuerzo será un doblez perpendicular (90°) al eje longitudinal de la varilla más una extensión 12 veces el diámetro de la varilla como mínimo y en el extremo libre (ver tabla 12).
- Para varillas o alambrón que funcionen como estribos, el doblez debe ser a 135° más una extensión mínima de 6 veces el diámetro de la varilla o alambrón pero no menor de 65 mm.

Tabla 12

Dimensiones recomendadas para ganchos y escuadras de varilla corrugada

	Ganchos de 180°				Escuadras de 90°	
Número de varilla	A o G cm	A o G (pulg)	J cm	J (pulg)	A o G cm	A o G (pulg)
2.5	13		6	(2 1/2¨)	13	(5¨)
3		(5¨)	8	(3¨)	15	(6¨)
4	13		10	(4¨)	20	(8¨)
5		(5¨)	13	(5¨)	26	(10¨)
6	15		15	(6¨)	31	(12¨)
8		(5¨)	20	(8¨)	41	(16¨)
10	18		32	(12 1/2¨)	54	(21 1/2¨)
12		(7¨)	46	(23 3/4¨)	69	(27¨)

Nota 1. Información obtenida de A.C.I.318.63
Nota 2. Aplicable a varillas grado 42

Recomendaciones y requisitos para el habilitado y armado de traslapes y juntas

- Todas las uniones de varillas se harán mediante traslapes con un empalme de 40 veces el diámetro de la varilla que se empalma, excepto cuando se determine otra especificación diferente.
- Los traslapes no deben coincidir con secciones de máximo esfuerzo. A menos que se tomen las acciones necesarias avaladas por el proyectista, como aumentar la longitud del traslape o especificar un refuerzo adicional a base de estribos alrededor y a lo largo de la longitud empalmada.

- La ubicación aceptable para un traslape es donde el esfuerzo de tensión sea menor. Ese lugar no debe excederse de 1/5 de claro desde los apoyos principales en los elementos estructurales.
- Es aceptable el traslape y amarre entre sí de las varillas desde el no. 2.5 al no. 10.
- Los traslapes no podrán hacerse entre varillas de diferente diámetro.
- Si se requiere dar continuidad a varillas mayores del no. 10 no es aceptable el traslape. En este caso es recomendable la conexión por medio de soldadura.
- La especificación de resistencia para la junta soldada debe ser igual al 125% de la resistencia de fluencia del acero de refuerzo utilizado (Código AWS D12.1, Reinforcing Steel Welding Code. American Welding Society).
- Es deseable realizar pruebas físicas y radiográficas de las soldaduras para verificar la calidad y la eficiencia. Para tal efecto es importante revisar las condiciones contractuales y especificaciones que indiquen la obligatoriedad y la frecuencia para llevar a cabo estas inspecciones.
- Las conexiones a tope se ejecutarán con soldadura de relleno. El diseñador estructural del proyecto debe especificar el procedimiento más adecuado.
- Evitar traslapar o soldar más del 33% del acero de refuerzo en una misma sección.

Recomendaciones y requisitos para el recubrimiento del acero de refuerzo

- Para proteger a las varillas de los efectos del fuego y de la corrosión, el recubrimiento de concreto debe estar de acuerdo con el contenido de las tablas 13, 14 y 15.

Recomendaciones y requisitos para la colocación del acero de refuerzo

- Durante el proceso del vaciado del concreto, las varillas deben colocarse y mantenerse de manera firme en su posición, forma, longitud y separación.

Tabla 13

Clasificación de los tipos de exposición ambiental

TIPO DE EXPOSICIÓN	CONDICIONES AMBIENTALES
1	Ambiente seco. Interior de edificaciones habitables. Componentes interiores que no se encuentran expuestos en forma directa al viento ni a suelos o agua. Regiones con humedad relativa mayor al 60% por un lapso no mayor a tres meses al año.
2a	Ambiente húmedo sin congelamiento. Interior de edificaciones con humedad relativa mayor a 60% por más de tres meses al año. Elementos exteriores expuestos al viento pero no al congelamiento. Elementos en suelos no reactivos ni agresivos y/o en agua sin posibilidad de congelamiento.
2b	Ambiente húmedo con congelamiento. Elementos exteriores expuestos al viento y al congelamiento. Elementos en suelos no reactivos ni agresivos y/o en agua con posibilidad de congelamiento.
3	Ambiente húmedo con congelamiento y agentes descongelantes. Elementos exteriores expuestos al viento, con posibilidad de congelamiento y/o exposición a agentes descongelantes. Elementos en suelos no reactivos o no agresivos, y/o en agua con posibilidad de congelamiento y agentes químicos descongelantes.
4	Ambiente marino. Elementos en zonas de humedad sumergidas en el mar con una cara expuesta al aire. Elementos en aire saturado de sales (zona costera).

(cont. tabla 13)

TIPO DE EXPOSICIÓN	CONDICIONES AMBIENTALES
5a	Ambiente de agresividad química ligera (por gases, líquidos o sólidos). En contacto con agua. En contacto con suelo.
5b	Ambiente de agresividad química moderada (por gases, líquidos o sólidos). En contacto con agua. En contacto con suelo.
5c	Ambiente de agresividad química alta (por gases, líquidos o sólidos). En contacto con agua. En contacto con suelo.
5d	Ambiente de agresividad química muy alta (por gases, líquidos o sólidos). En contacto con agua. En contacto con suelo.

Nota 1. Información obtenida de la norma mexicana NMX-C-403-ONNCCE-1999 relativa al concreto hidraúlico para uso estructural.
Nota 2. En todos los casos regirá la condición o combinación de exposición más agresiva.

Tabla 14

Recubrimientos mínimos por tipo de exposición ambiental del concreto estructural

TIPO DE EXPOSICIÓN	RECUBRIMIENTO MÍNIMO (mm) REFUERZO NORMAL	RECUBRIMIENTO MÍNIMO (mm) PRESFORZADO
1	15	25
2a y 2b	30	35
3 y 4	40	50
5a, 5b, 5c, 5d	ver nota 3	ver nota 3

Nota 1. Información obtenida de la norma mexicana NMX-C-403-ONNCCE-1999 relativa al concreto hidraúlico para uso estructural.
Nota 2. Los valores mínimos de recubrimiento deben incluir tolerancias para asegurar su valor bajo cualquier circunstancia. El valor de la tolerancia depende del control de calidad de la construcción. Con un adecuado control de calidad y un curado eficiente, la tolerancia es de 5mm; sin control de calidad debe incrementarse a 10 mm y si el curado es inadecuado a 20 mm.
Nota 3. Depende del tipo de ambiente en que se encuentre (ver tabla 15).

Tabla 15

Recubrimientos mínimos por tipo de exposición ambiental del concreto convencional

UBICACIÓN	RECUBRIMIENTO
Concreto en contacto directo y permanente con el terreno o con el suelo.	75 mm
Concreto expuesto al agua de mar (no aplica a pilotes de concreto precolado)	100 mm
Concreto expuesto a la intemperie o en contacto con el suelo: varillas desde el no. 2.5 al no. 5 varillas desde el no. 5 a mayores	38 mm 50 mm
Concreto en losas, muros, columnas y trabes: varillas desde el no. 2.5 al no. 5 varillas desde el no. 5 a mayores	desde 13 a 20 mm desde 19 a 40 mm

Nota 1: La dimensión mínima del recubrimiento en cualquiera de los casos debe ser igual a 1.5 veces el tamaño máximo del agregado utilizado.
Fuente: NMX-C-403-ONNCCE-1999

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Se considera la tonelada (ton) como unidad de medición, aunque en ocasiones es posible considerar el kilogramo (kg). Se calculará el peso de las varillas por la unidad de longitud (ver tabla 9) que especifique la norma mexicana NMX-C-407 ONNCCE-2001 y las dimensiones del proyecto.
- Para fines de estimación o cobro, no se considera convencionalmente el peso del acero desperdiciado por los cortes, tampoco el utilizado para los traslapes, ganchos y escuadras. El acero que se ocupe en estas extensiones debe considerarse en el precio unitario. Generalmente se acepta el 7% adicional como factor de desperdicio, traslapes, ganchos y escuadras.
- En algunas ocasiones justificables, como la falta de varilla de algún diámetro especificado y con la autorización del proyectista, el constructor solicitará la sustitución del acero de la sección indicada

en el proyecto por otro de diferente sección y área equivalente o mayor. Invariablemente, se considerará el peso del acero indicado en el proyecto, a menos que las dos partes acuerden otro criterio.

Referencias

Para complementar la información sobre este tema se sugiere consultar las siguientes normas mexicanas:

NMX-B-001-1988	Métodos de análisis químico para determinar la composición de aceros y fundición.
NMX-C-407-ONNCCE-2001	Varilla corrugada de acero procedentes de lingote o palanquilla para refuerzo de concreto.
NMX-B-072-1986	Alambre corrugado de acerolaminado en frío para refuerzo de concreto.
NMX-B-113-1981	Prueba de doblado para productos de acero.
NMX-B-172-1988	Método de prueba mecánica para productos de acero.
NMX-B-294-1986	Varillas corrugadas de acero torcidas en frío, procedentes de lingote o palanquilla para refuerzo de concreto
NMX-B-310-1981	Métodos de prueba para la tensión de productos de acero.
NMX-B-434-1969	Métodos de prueba para determinar el peso unitario y el área transversal de las varillas lisas y corrugadas para refuerzo de concreto.

NMX-H-121-1988	Procedimiento de soldadura estructural-acero de refuerzo.
NMX-B-253-CANACERO-2006	Industria siderúrgica-alambre de acero liso o corrugado para refuerzo de concreto-especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-B-253-1988).
NMX-B-290-CANACERO-2006	Industria siderúrgica-malla electrosoldada de acero liso o corrugado para refuerzo de concreto-especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-B-290-1988).



Cemento

Definición y características

Según Adam N. Neville el cemento puede definirse como "un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto".

Según la norma mexicana "el cemento hidráulico es un material inorgánico finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava, asbesto u otros materiales, tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que, una vez endurecido, desarrolla su resistencia y conserva su estabilidad" (NMX-C-414-ONNCCE-2004).

Tipos de cemento: tabla 16
Clasificación por sus características especiales: tabla 17
Composición de los cementos: tabla 18
Clasificación de los cementos por su resistencia mecánica a la compresión y características físicas: tabla 19.

Designación de los cementos de acuerdo a la norma mexicana vigente

Para refererirse a un cemento se identificará el tipo (ver tabla 16) y la clase resistente (ver tabla 19). Si el cemento tiene especificada una resistencia inicial se añadirá la letra R. Si el cemento tiene alguna de las características especiales que se describen en la tabla 17, su designación se completa de acuerdo con la nomenclatura indicada en dicha tabla. Si presenta dos o más de estas características especiales, la designación se hace siguiendo el orden descendente de la tabla 17, separándolas con una diagonal.

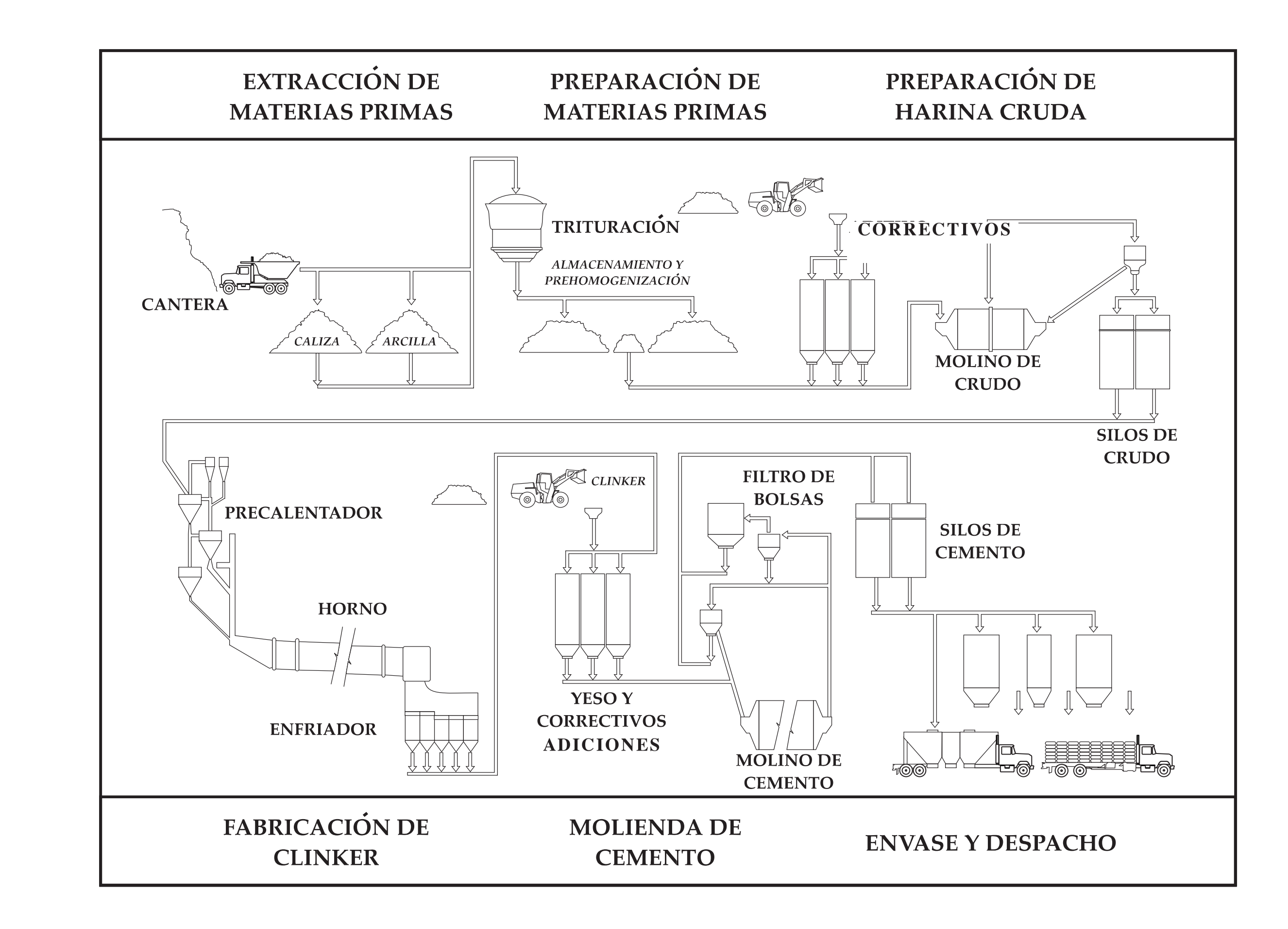


DIAGRAMA SIMPLE DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO
EXTRACCIÓN DE MATERIAS PRIMAS
PREPARACIÓN DE MATERIAS PRIMAS
PREPARACIÓN DE HARINA CRUDA
CANTERA
CALIZA
ARCILLA
TRITURACIÓN
ALMACENAMIENTO Y PREHOMOGENIZACIÓN
CORRECTIVOS
MOLINO DE CRUDO
SILOS DE CRUDO
PRECALENTADOR
HORNO
ENFRIADOR
CLINKER
YESO Y CORRECTIVOS ADICIONES
FILTRO DE BOLSAS
MOLINO DE CEMENTO
SILOS DE CEMENTO
FABRICACIÓN DE CLINKER
MOLIENDA DE CEMENTO
ENVASE Y DESPACHO

TABLA 16 A

CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO POR TIPO

TIPO	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
CPO	Cemento Pórtland ordinario	Es el cemento producido a base de la molienda de clinker Pórtland y usualmente, sulfato de calcio.
CPP	Cemento Pórtland puzolánico	Es el cemento que resulta de la integración de clinker Pórtland, materiales puzolánicos y sulfato de calcio.
CPEG	Cemento Pórtland con escoria granulada de alto horno	Es el cemento que resulta de la integración de clinker Pórtland, escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio.
CPC	Cemento Pórtland compuesto	Es el cemento que resulta de la integración de clinker Pórtland, sulfato de calcio y una mezcla de materiales puzolánicos, escoria de alto horno y caliza. En el caso de la caliza, éste puede ser único.
CPS	Cemento Pórtland con humo de sílice	Es el cemento que resulta de la integración de clinker Pórtland, humo de sílice y sulfato de calcio.
CEG	Cemento con escoria granulada de alto horno	Es el cemento que resulta de la integración de clinker Pórtland, sulfato de calcio y principalmente escoria granulada.

Fuente: norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004

TABLA 16 B

CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO POR CLASE RESISTENTE

CLASE RESISTENTE	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, N/mm^2		
	RÁPIDA (3 DÍAS)	NORMAL (28 DÍAS)	
	MIN. N/ mm^2	MIN. N/ mm^2	MAX. N/ mm^2
20	-	20	40
30	-	30	50
30 R	20	30	50
40	-	40	-
40 R	30	40	-

Fuente: norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004

TABLA 16 C

CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO POR CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

NOMENCLATURA	CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS CEMENTOS
RS	Resistente a los sulfatos
BRA	Baja reactividad álcali-agregado
BCH	Bajo calor de hidratación
B	Blanco

Fuente: norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004

DESIGNACIÓN NORMALIZADA

Los cementos se deben identificar por el tipo y la clase resistente (véase tablas 16 A y 16 B). Si el cemento tiene especificada una resistencia a tres días se añadirá la letra R (Resistencia rápida). En el caso de que un cemento tenga alguna de las características especiales señaladas en la tabla 16 C, su designación se completa de acuerdo con la nomenclatura indicada en dicha tabla; de presentar dos o más características especiales, la designación se hace siguiendo el orden descendente de la tabla 16 C, separándolas con una diagonal.

Ejemplos:

Un cemento Pórtland Ordinario de clase resistente 30 con alta resistencia inicial se identifica como:

Cemento CPO 30 R

Un cemento Pórtland Compuesto de clase resistente 30 con alta resistencia inicial y resistencia a los sulfatos, se identifica como:

Cemento CPC 30 R RS

Un cemento Pórtland Puzolánico de clase resistente 30, de baja reactividad álcali-agregado y bajo calor de hidratación, se identifica como:

Cemento CPP 30 BRA/BCH

Un cemento Pórtland Ordinario de clase resistente 30 con alta resistencia inicial y blanco se identifica como:

Cemento CPO 30 RB

Tabla 17

Componentes de los cementos (1)

Tipo	Denominación	Componentes					
		Clinker	Principales				Minoritarios (2)
		Portland + yeso	Escoria granulada de alto horno	Materiales puzolánicos (3)	Humo de sílice	Caliza	
CPO	Cemento Pórtland ordinario	95-100	-	-	-	-	0-5
CPP	Cemento Pórtland puzolánico	50-94	-	6-50	-	-	0-5
CPEG	Cemento Pórtland con escoria granulada de alto horno	40-94	6-60	-	-	-	0-5
CPC	Cemento Pórtland compuesto (4)	50-94	6-35	6-35	1-10	6-35	0-5
CPS	Cemento Pórtland con humo sílice	90-99	-	-	1-10	-	0-5
CEG	Cemento con escoria granulada de alto horno	20-39	61-80	-	-	-	0-5

Nota 1. Los valores de la tabla representan el % en masa.
Nota 2. Los componentes minoritarios deben ser uno o más de los componentes principales, representados en la tabla.
Nota 3. Los materiales puzolánicos incluyen: puzolanas naturales, artificiales y/o cenizas volantes.
Nota 4. El cemento Portland compuesto debe llevar como mínimo dos componentes principales, excepto cuando se adicione caliza, ya que ésta puede estar en forma individual en conjunto con clinker+yeso.
Fuente: Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004

TABLA 18

ESPECIFICACIONES DE LOS CEMENTOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

NOMENCLATURA	CARACTERÍSTICA ESPECIAL	EXPANSIÓN POR ATAQUE DE SULFATOS (MÁX %)	EXPANSIÓN POR REACCIÓN ÁLCALI AGREGADO (MÁX %)		CALOR DE HIDRATACIÓN (MÁX) (kj/kg (kcal/kg)		BLANCURA (MÍN.)
		1 año	14 días	56 días	7 días	28 días	
RS	Resistente a los sulfatos	0.10					
BRA	Baja reactividad álcali agregado		0.020	0.060			
BCH	Bajo calor de hidratación				250 (60)	290 (70)	
B	Blanco						70

Fuente: norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004

TABLA 19

ESPECIFICACIONES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL CEMENTO

CLASE RESISTENTE	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (N/mm^2)			TIEMPO DE FRAGUADO (min)		ESTABILIDAD DE VOLUMEN EN AUTOCLAVE (%)	
	3 días	28 días		Inicial	Final	Expansión	Contracción
	mínimo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	máximo	máximo
20	-	20	40	45	600	0.80	0.20
30	-	30	50	45	600	0.80	0.20
30 R	20	30	50	45	600	0.80	0.20
40	-	40	-	45	600	0.80	0.20
40 R	30	40	-	45	600	0.80	0.20

Nota 1. La resistencia inicial de un cemento es la resistencia mecánica a la compresión a los 3 días. Para indicar que un tipo de cemento debe cumplir con una resistencia inicial especificada, se le agrega la letra R después de la clase. Sólo se definen valores de resistencia inicial a 30 R y 40 R.
Fuente: norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004.

Usos de los cementos

Debido a la diversa gama de cementos disponibles es importante distinguir los de uso general y los de uso especial. La diferencia está en función de la resistencia mecánica desarrollada y la durabilidad que presenta cada uno con respecto al tiempo y los diferentes agentes agresivos.

Desde el punto de vista económico siempre es recomendable optar por un cemento de uso general, a menos que se determine alguno de uso especial debido a los requerimientos del cálculo estructural o por un proceso constructivo más específico en el manejo del concreto.

Recomendaciones generales

- Se debe siempre usar en la obra un cemento cuya marca o fabricante respalde un proceso de fabricación, muestreo, evaluación y envasado de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004.
- El cemento debe llegar a la obra debidamente empacado y etiquetado de fábrica y permanecer así hasta su utilización (norma mexicana NOM-050-SCFI-2004).
- El contenido neto de los bultos de cemento es de 50 kg. Es aceptable una tolerancia de +/-0.60 kg (norma mexicana NMX-002-SCFI).
- No es aceptable, ni aún para uso no estructural, el cemento que tenga más de tres meses almacenado a pesar de las medidas tomadas, a menos que pase por una verificación de calidad en una prueba de laboratorio. Si se acepta su utilización, el cemento no debe contener piedras o grumos originados por fraguados parciales debidos a la antigüedad o a la humedad.
- Es aconsejable tener el cemento almacenado en obra por lote o remisión a fin de identificarlo de acuerdo a la calidad obtenida en los muestreos y pruebas. Si es rechazado debe ser retirado inmediatamente de la obra.
- El lugar del almacenamiento debe cumplir con las condiciones de seguridad que propicien la inalterabilidad del cemento. Esto es, debe estar colocado a una altura suficiente desde el suelo (10-15 cm) sobre un entarimado, para evitar el contacto con la humedad; el techo debe ser impermeable; debe estar separado de los muros y apilado a una altura no mayor a 1.50 m (de 8 a 10 bultos por pila).

- Para transportar el cemento por bultos no se aceptan pilas mayores de 8.
- Es aceptable que el cemento se encuentre almacenado a la intemperie, pero sólo la cantidad programada para utilizarse durante la jornada de trabajo; debe estar cubierto si hay riesgo de lluvia y sobre una base lejos de la humedad.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

El cemento es un insumo que interviene de manera fundamental en la elaboración de morteros, lechadas, concretos y otras actividades. Por tal motivo la medición de su consumo será indicada en los temas relativos al concreto, morteros y lechadas.

Referencias

La información que se presenta en las tablas se obtuvo de la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004, elaborada por el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE).



Agregados pétreos

Definición

Los agregados pétreos son productos granulares minerales en estado natural, procesados o artificiales que se mezclan con un cementante o aglutinante hidráulico para fabricar morteros o concretos.

Clasificación

- Agregados finos
- Agregados gruesos

Agregado fino

Conocido comúnmente como arena. Puede ser natural u obtenida por trituración o una combinación de ambas. Debe pasar totalmente a través de la criba G 9.5 (3/8”) y presenta tres características principales:

- La composición granulométrica de acuerdo a la tabla 20.
- El módulo de finura no debe ser menor de 2.30 y no mayor de 3.10.
    - El módulo de finura se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulados en las 6 cribas (no. 4, 8, 16, 30, 50 y 100) y dividiendo entre 100 (ver tabla 21). El módulo de finura es adimensional.
- El retenido parcial en cualquier tamiz no debe ser mayor del 45%.

La tolerancia a las sustancias nocivas en el agregado fino se puede verificar en la tabla 22.

Tabla 20

Requisitos granulométricos del agregado fino

CRIBA DE ABERTURA CUADRADA	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
G 9.5 (3/8") (9.530 mm)	0
G 4.75 (4") (4.750 mm)	0 a 5
M 2.36 (8") (2.360 mm)	0 a 20
M 1.18 (16") (1.180 mm)	15 a 50
M 0.600 (30") (0.590 mm)	40 a 75
M 0.300 (50") (0.300 mm)	70 a 90
M 0.150 (100") (0.150 mm)	90 a 98
Charola	100

Fuente: norma mexicana NMX-C-111-ONNCCE-2004

Tabla 21

Módulo de finura del agregado fino

MALLA NO.	PORCENTAJES INDIVIDUALES RETENIDOS	PORCENTAJES ACUMULADOS RETENIDOS
4	1	1
8	18	19
16	20	39
30	19	58
50	18	76
100	16	92
charola	8	0
totales	100	285

Nota 1: Si el módulo de finura (M.F.= 285/100=2.85) varía en más de 0.20 del valor determinado al seleccionar las proporciones para el concreto, el agregado fino, debe desecharse. Es posible aceptar el uso de este agregado fino sólo si se hacen los ajustes respectivos en las proporciones para compensar esta deficiencia.
Fuente: American Society of Testing Materials (ASTM) E11.

Tabla 22

Límites máximos de sustancias nocivas en el agregado fino

Concepto	Máximo % en masa de la muestra total
Grumos de arcilla y partículas delez-nables	3.0
Materiales finos que pasan la criba F 0.075 (200). En concreto sujeto a abrasión. En otros concretos.	 3.0 5.0
Carbón y lignito. En concreto aparente. En otros concretos	 0.5 1.0

Fuente: norma mexicana NMX-C-111-ONNCCE-2004

Agregado grueso

Conocido comúnmente como grava. Puede ser natural u obtenido de la trituración de roca o una combinación de ambas. Es retenida totalmente por la criba G 4.75 (no. 4) y presenta dos características principales:

- La composición granulométrica está de acuerdo con la tabla 23.
- El módulo de finura en los agregados gruesos no es determinante. Sin embargo, el tamaño del agregado grueso, casi siempre se selecciona procurando utilizar el mayor que resulte práctico para un trabajo, siendo el límite superior de 15 cm. Cuanto mayor sea el tamaño del agregado grueso, se usará menos agua y cemento para producir un concreto. Los elementos de la grava pasan por las cribas de 3", 1 1/2", 3/4", 3/8" y no. 4.
- La tolerancia a las sustancias nocivas en el agregado grueso se puede verificar en la tabla 24.

Tabla 23

Límites granulométricos del agregado grueso

(porcentaje de masa que pasa por los tamices)

Tamaño nominal (mm)	100 (4″)	90 (3½″)	75 (3″)	63 (2½″)	50 (2″)	37.5 (1½″)	25.0 (1″)	19.0 (¾″)	12.5 (½″)	9.5 8(¾″)	4.75 (no. 4)	2.36 (no. 8)	1.18 (no. 16)
90 a 37.5 (3½″ a 1½)	100	90 a 100	–	25 a 60	–	0 a 15	–	0 a 5	–	–	–	–	–
63.0 a 37.5 (2½″ a 1½)	–	–	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	–	0 a 5	–	–	–	–	–
50.0 a 25.0 (2″ a 1″)	–	–	–	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	–	0 a 5	–	–	–	–
50.0 a 4.75 (2″ a no. 4)	–	–	–	100	95 a 100	–	35 a 70	–	10 a 30	–	0 a 5	–	–
37.5 a 19.0 (1½"a ¾)	–	–	–	–	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	–	0 a 5	–	–	–
37.5 a 4.75 (1 ½″ a no. 4)	–	–	–	–	100	95 a 100	–	35 a 70	–	10 a 30	0 a 5	–	–
25.0 a 12.5 (1″ a ½″)	–	–	–	–	–	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	–	–	–
25.0 a 9.5 (1″ a 3/8″)	–	–	–	–	–	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	–	—
25.5 a 4.75 (1″ a no. 4)	–	–	–	–	–	100	95 a 100	–	25 a 60		0 a 10	0 a 5	–
19.0 a 9.5 (¾″ a 3/8″)	–	–	–	–	–	–	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	–	–
19.0 a 4.75 (¾″ a no.4)	–	–	–	–	–	–	–	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	–
12.5 a 4.75 (½″ a no.4)	–	–	–	–	–	–	100	90 a 100	–	20 a 55	0 a 10	0 a 5	–
9.5 a 2.35 (3/8″ a no.4)	–	–	–	–	–	–	–	–	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: norma mexicana NMX-C-111-ONNCCE-2004

TABLA 24

LÍMITES MÁXIMOS DE SUSTANCIAS NOCIVAS EN EL AGREGADO GRUESO

USO	TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES	PARTÍCULAS DE SÍLICE ALTERNADA CON MENOR DE 2.4 (VÉASE NOTA 1)	SUMA DE LOS CONCEPTOS ANTERIORES	MATERIAL FINO QUE PASA LA CRIBA F 0.075 (VÉASE NOTA 2)	CARBÓN Y LIGNITO	PÉRDIDA POR ABRASIÓN (VÉASE NOTA 3)	PÉRDIDA EN LA PRUEBA DE SANIDAD CON SULFATO DE SODIO EN 5 CICLOS
1M No expuestos a la intemperie: zapatas de cimentación, cimentaciones, columnas, vigas y pisos interiores con recubrimiento.	10.0	–	–	2.0	1.0	50.0	–
2M Pisos anteriores sin recubrimiento	5.0	–	–	2.0	1.0	50.0	–
3M Expuestas a la intemperie: muros de cimentaciones, muros de retención, pilas, muelles y vigas.	5.0	6.0 (Véase nota 4)	8.0	2.0	0.5	50.0	12.0
4M Sujetas a exposición frecuente de humedad: pavimentos, losas de puentes, autopistas, andadores, patios, pisos de entrada y estructuras marítimas.	4.0 (Véase nota 4)	5.0	6.0	2.0	0.5	50.0	12.0
5M Expuestos a intemperie: concretos arquitectónicos	2.0	3.0	4.0 (Véase nota 4)	2.0	0.5	50.0	12.0
REGIÓN DE INTEMPERISMO NO APRECIABLE, N							
1N Losas sujetas a tránsito abrasivo: puentes, pisos, andenes y pavimentos. Concreto arquitectónico.	4.0	–	–	2.0	0.5	50.0	–
2N Otras clases de concreto	8.0	–	–	2.0	1.0	50.0	–

Notas de la tabla: Es de esperarse que los límites para el agregado grueso, correspondiente a cada clase designada, sean suficientes para asegurar un comportamiento satisfactorio del concreto para los diferentes tipos y partes de la obra. En muchas localidades se pueden conseguir agregados que superan las especificaciones de calidad aquí enlistadas. Cuando no se puedan conseguir los agregados de calidad adecuada para satisfacer, por lo menos alguno de los usos mencionados, pueden utilizarse al ser sometidos al tratamiento adecuado.
1. Esta limitación se aplica a materiales en donde la roca de sílice alterada se encuentra como impureza. No es aplicable al agregado grueso que es predominante de la roca de sílice.La limitación de uso de tales agregados está basada en el antecedente de servicio en donde se emplean tales materiales. (ME significa masa específica)
2. En el caso de agregados triturados, si el material que pasa por la criba F 0.075 es el producto de la pulverización de rocas exentas de arcilla y/o pizarras, este límite puede incrementarse a 3%.
3. La pérdida de abrasión del agregado grueso debe ser determinado en una muestra de granulometría lo más cercana a la que va a usarse en el concreto. Cuando más de una graduación va a utilizarse, el límite de abrasión debe aplicarse a cada una de ellas. Las escorias de altos hornos enfriadas al aire y trituradas, quedan excluidas de los requisitos de abrasión; la masa volumétrica compacta de estos materiales debe ser mayor a 1120 kg/m^3.
4. Para construcciones de concreto en regiones cuya altitud sea mayor de 3000 m sobre el nivel del mar, estos requisitos deben reducirse en un 1%.

Fuente: norma mexicana NMX-C-111-ONNCCE-2004

Recomendaciones

- Para que un agregado pueda considerarse que tiene la resistencia adecuada debe sobrepasar la resistencia propia del aglutinante, es decir, de la pasta fabricada al mezclar cemento y agua, debidamente dosificada.
- Se deben hacer periódicamente muestras y pruebas de los agregados finos y gruesos para verificar su uniformidad.
- Los requisitos importantes de los agregados son:
    - Deben estar razonablemente exentos de arcilla, materia orgánica y otras sustancias nocivas (ver tablas 22 y 24).
    - Deben estar compuestos por partículas duras y con buena granulometría.
- El almacenamiento y manejo de los agregados pétreos debe hacerse de tal manera que no altere su composición y granulometría. Es decir sobre pisos adecuados y separados por lotes, remisiones o viajes para evitar que se mezclen entre sí los agregados de diferente clasificación.
    - No usar aquellos agregados que por cualquier circunstancia se hayan contaminado.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

Los agregados pétreos son insumos que intervienen de manera fundamental en la elaboración de morteros, lechadas, concretos y en otras actividades. Por tal motivo la medición de su consumo será indicada en los temas relativos al concreto y a los morteros y lechadas.

Referencias

Para complementar la información anterior se sugiere consultar las siguientes normas mexicanas:

NMX-C-30-ONNCCE-2004	Agregados. Muestreo.
NMX-C-71-ONNCCE-2004	Agregados. Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznables.
NMX-C-72-1997-ONNCCE	Agregados. Determinación de partículas ligeras.
NMX-C-73-ONNCCE-2004	Agregados para concreto. Masa volumétrica, método de prueba.
NMX-C-75-ONNCCE-2006	Agregados. Determinación de la sanidad por medio de sulfato de sodio.
NMX-C-76-ONNCCE-2002	Agregados. Efectos de las impurezas orgánicas en los agregados finos.
NMX-C-77-1997-ONNCCE	Agregados para concreto. Análisis granulométrico, método de prueba.
NMX-C-84-ONNCCE-2006	Agregados. Partículas más finas que la criba 0.075 por medio de lavado, método de prueba.
NMX-C-88-ONNCCE-1997	Determinación de impurezas orgánicas en agregado fino.
NMX-C-111-ONNCCE-2004	Agregados. Especificaciones.

NMX-C-164-ONNCCE-2002	Agregados. Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso.
NMX-C-165 -ONNCCE-2004	Agregados. Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado fino.
NMX-C-166-ONNCCE-2006	Agregados. Contenido total de humedad por secado, método de prueba.
NMX-C-170-1997-ONNCCE	Agregados. Reducción de muestras de agregado obtenidas en campo, al tamaño requerido por las pruebas.
NMX-C-180-ONNCCE-2001	Agregados. Determinación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis del cemento por medio de barras de mortero.
NMX-C-196-1984	Agregados. Resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregado grueso usando la máquina de los ángeles, método de prueba.
NMX-C-244-1986	Agregado ligero termoaislante para concreto.
NMX-C-265-1984	Agregados para concreto. Examen petrográfico, método de prueba.
NMX-C-270-1985	Agregados. Resistencia al rayado de las partículas del agregado grueso, método de prueba.
NMX-C-271-ONNCCE-1999	Agregado para concreto. Determinación de la reactividad potencial, método químico.
NMX-C-282-ONNCCE-2004	Agregados para concreto. Cambio de volumen de combinaciones cemento-agregado, método de prueba.
NMX-C-299-1987	Agregados ligeros. Especificaciones.
NMX-C-305-1980	Agregados para concretos. Descripción de sus componentes minerales naturales.

NMX-C-329-ONNCCE-2002	Método de prueba para la determinación de la granulometría de la arena sílice.
NMX-C-330-1964	Arena sílice.
NMX-C-331-1964	Método de prueba para la determinación de sílice en arena de sílice.
NMX-B-231-1990	Cribas de laboratorio para clasificación de materiales granulares. Especificaciones.



Agua

Definición y características

El agua es el líquido que está presente de manera importante en la elaboración de concretos y/o morteros, mezclas, en el lavado de agregados, curado y riego de concreto; por consiguiente debe ser un insumo limpio, libre de aceite, ácidos, álcalis, sales y, en general de cualquier material que pueda ser perjudicial, según el caso para el que se utilice.

Según el uso, el agua debe presentar las características indicadas en la tabla 25.

Tabla 25

Valores característicos y límites máximos tolerables de sales e impurezas

Sales e impurezas	Cementos ricos en calcio Límites en p.p.m.	Cementos sulfo-resistentes Límites en p.p.m.
Sólidos en suspensión		
En aguas naturales (limos y arcillas)	2000	2000
En aguas recicladas (finos de cemento y agregados)	50 000	35 000
Cloruros como CL (a)		
Para concreto con acero de preesfuerzo y piezas de puente	400 (c)	600 (c)
Para otros concretos preesforzados en ambientes húmedos o en contacto con metales como el aluminio, fierro galvanizado y otros similares	700 (c)	1 000 (c)

(cont. tabla 25)

SALES E IMPUREZAS	CEMENTOS RICOS EN CALCIO LÍMITES EN P.P.M.	CEMENTOS SULFO-RESISTENTES LÍMITES EN P.P.M.
Sulfato como SO_4 = (a)	3000	3 500
Magnesio como Mg++(a)	100	150
Carbonatos como CO_3	600	600
Dióxido de carbonato disuelto, como CO_2	5	3
Alcalis totales como NA+	300	450
Total de impurezas en solución	3500	4 000
Grasas o aceites	0	0
Materia orgánica (oxígeno consumido en medio ácido)	150 (b)	150 (b)
Valor del PH	No menor de 6	No menor de 6.5

Nota a: Las aguas que exceden los límites enlistados para cloruros, sulfatos y magnesios, pueden emplearse si se demuestra que la concentración calculada de estos compuestos en el agua total de la mezcla, incluyendo el agua de absorción de los agregados u otros orígenes, no exceden dichos límites.
Nota b: El agua se puede usar siempre y cuando las arenas que se empleen en el concreto acusen un contenido de materia orgánica cuya coloración sea inferior a 2 de acuerdo con el método de la NMX-C-088.
Nota c: Cuando se use cloruro de calcio ($CACl_2$) como aditivo acelerante, la cantidad de éste debe tomarse en cuenta para no exceder el límite de cloruros de la tabla.
Fuente: NMX-C-122-ONNCCE-2004

RECOMENDACIONES

- Sólo en casos excepcionales, cuando no se tenga la posibilidad de efectuar el análisis de calidad del agua o aún después de haber realizado las pruebas y cuyos resultados no hayan sido satisfactorios y que por circunstancias económicas sea incosteable o muy impactante en los costos directos de la obra, se puede usar agua de otra fuente que sea aprobada después del muestreo. La pruebas se deberán realizar usando cilindros de concreto (en el capítulo 8, sobre concreto, se explica) elaborados de la misma manera, con los mismos insumos, las mismas características (agregados, cemento, proporcionamiento, proceso de mezclado, curado, etc.) con los dos tipos de agua: la de referencia debe ser potable y la de dudosa calidad, propuesta para su uso. Los resultados de estas pruebas se compararán entre sí. La resistencia obtenida en los cilindros de concreto fabricado con el agua



Foto 2
El agua utilizada para la fabricación de concreto, mortero o lechada debe ser potable, incolora, insabora e inodora, preferentemente de condiciones potables, aunque se puede emplear agua con contaminaciones o impurezas que no sobrepasen los límites máximos establecidos en la tabla 25. La calidad del agua de mezclado se refiere a sus características físico-químicas y a sus efectos sobre el comportamiento y las propiedades del concreto, y no establece ninguna relación condicionante con el aspecto bacteriológico como en el caso del agua potable.

dudosa no debe ser menor que el 90% de la resistencia obtenida con los otros cilindros de concreto fabricado con el agua potable.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

El agua es un insumo que interviene de manera importante en la elaboración de morteros, lechadas, concretos y en otras actividades. Por tal motivo su medición será indicada en cada uno de los temas respectivos.

Referencias

Para complementar la información sobre este tema se sugiere consultar las normas mexicanas:

NMX-C-122-ONNCCE-2004	Agua para concreto.
NMX-C-277-1979	Agua para concreto. Muestreo.
NMX-C-283-1982	Agua para concreto. Análisis.

Mortero y lechada

Definición y características

El mortero es una mezcla de agregado fino, generalmente arena y uno o varios aglutinantes; para efectos de este manual se considerarán los siguientes: el cemento Portland CPC 30 R y mortero Maestro Holcim Apasco. Al mezclarse con el agua forman un material plástico con propiedades ligantes y adhesivas que al fraguar adquieren dureza y características de resistencia determinada, de acuerdo a la proporción especificada.

La lechada es una mezcla formada a base de aglutinantes como el cemento Portland CPC 30 R Holcim Apasco o el cemento blanco CPC 30 R B y agua, para formar un líquido que al aplicarse sobre la superficie, forma una película con propiedades ligantes y puede también funcionar como sello.

Clasificación de morteros

- Por los materiales que lo forman:
  - **Mortero:** mortero Maestro Holcim Apasco+arena
  - **Mortero:** cemento CPC 30 R Holcim Apasco+arena
- Por su resistencia:
  - Alta: igual o mayor a los 60 kg/cm^2. Se usa para muros de carga y cimentaciones de piedra.
  - Media: desde 45 a 60 kg/cm^2. Se usa en muros divisorios de tabique rojo recocido, tabicón o block.
  - Baja: igual o menor a 45 kg/cm^2. Se usa para aplanados y trabajos de albañilería.

Clasificación de lechadas

- Por los materiales que la forman, empleo y lugares de aplicación:
  - **Cemento blanco + agua:** utilizadas en el sello del junteo de lambrines y cerámicas.
  - **Cemento gris + agua:** utilizadas en el sellado de grietas en elementos de concreto y de poros en enladrillados.

Recomendaciones

- El proceso de mezclado y fabricación podrá ser por medios manuales, mecánicos en obra o premezclados:
  - **Por medios manuales.** Sólo se realizará de esa manera cuando lo permita la especificación del proyecto. Si es así, primeramente se mezclarán en seco la arena y el o los aglutinantes hasta alcanzar una mezcla homogénea la cual se distinguirá visualmente ya que su coloración se torna uniforme. Posteriormente se agrega el agua hasta lograr la consistencia deseada pero sin descuidar la dosificación respectiva (aproximadamente entre el 20% del volumen de agua). La mezcla debe realizarse sobre un entarimado de madera o piso de concreto para evitar la contaminación de los materiales con el terreno natural. Si se realiza inevitablemente sobre el suelo, debe cuidarse de no revolver fragmentos de éste con el mortero.
  - **Por medios mecánicos.** En general, es deseable fabricar los morteros con este procedimiento cuando son elaborados en obra. Primeramente se introducen en la revolvedora todos los componentes de la mezcla en seco y se revuelven hasta homogeneizar la mezcla. Posteriormente, se agrega el agua en la proporción especificada y se continúa durante un minuto más.
  - **Premezclado.** Con este procedimiento de mezclado y de suministro se eliminan los riesgos normales de la fabricación en obra.
- El mezclado de las lechadas se puede realizar por procedimientos manuales usando botes de 19 litros o tambos de 200 litros para reducir desperdicios y fabricar sólo la lechada que se utilizará.

- En cuanto a las condiciones de calidad y de manejo correcto de los insumos (agua, cemento, agregado fino) debe considerarse lo señalado en los temas respectivos en este manual.
- Es deseable mantener húmedo (proceso de curado) el mortero una vez colocado, durante 3 días por lo menos.
- Una vez fabricado el mortero es importante no agregar más agua para darle mayor trabajabilidad a la mezcla.
- Los morteros y las lechadas deben ser colocados en un tiempo igual o menor a 2 horas posteriores a su fabricación. Deberán ser desechados si se excede este tiempo.
- Es importante humedecer suficientemente los materiales con alta absorción que vayan a ser pegados o unidos con el mortero, como los ladrillos, tabiques, etc. a fin de que estos no absorban el agua de la mezcla necesaria para adquirir la resistencia deseada.
- Se tiene disponible en el mercado el Mortero de Larga Vida Holcim Apasco (ver descripción detallada en el apéndice 5) que una vez preparado en la planta premezcladora y entregado en obra y con los cuidados debidos (protección de los rayos solares, viento, etc.) puede conservar su estado plástico hasta por 72 horas. El proceso de fraguado inicia después de haberse colocado o aplicado. Esta característica permite reducir los desperdicios ya que el tiempo no es una limitante para su uso y colocación, como lo es para un mortero normal. Para determinar su uso es importante consultar con un representante técnico de Holcim Apasco. Si se usa este producto es requisito indispensable no humedecer los bloques o tabiques que se pegarán.

Dosificación

Para la dosificación en la fabricación de morteros y lechadas se pueden ver las tablas 26 a 29.

TABLA 26

DOSIFICACIONES PARA MORTEROS PARA FABRICAR 1 M^3 DE MEZCLA

MORTERO: MORTERO-ARENA			
DOSIFICACIÓN	MORTERO (TON)	ARENA (m^3)	AGUA (m^3)
1 a 4	0.300	1.150	0.290
1 a 5	0.260	1.200	0.285
1 a 6	0.225	1.240	0.280

MORTERO: CEMENTO-ARENA			
DOSIFICACIÓN	CEMENTO (TON)	ARENA (m^3)	AGUA (m^3)
1 a 2	0.600	1.000	0.275
1 a 3	0.510	1.050	0.272
1 a 4	0.430	1.100	0.266
1 a 5	0.360	1.150	0.261
1 a 6	0.300	1.170	0.257

TABLA 27

DOSIFICACIONES PARA LECHADA PARA FABRICAR 1M^3 DE MEZCLA

LECHADA: (AGUA-CEMENTO)		
DOSIFICACIÓN	CEMENTO (KG)	AGUA (LITROS)
Variable	900	700

La fluidez deberá de ajustarse con agua a la consistencia requerida según el tipo de aplicación. En algunas aplicaciones es posible utilizar arena fina hasta de 3 mm para conseguir una mayor estabilidad volumétrica de la mezcla.

TABLA 28

PORCENTAJES DE DESPERDICIO UTILIZADOS POR MATERIAL

MATERIAL	EN LA FABRICACIÓN DE LA MEZCLA	EN LA COLOCACIÓN DE LA MEZCLA
Cemento		
Mortero	3.00%	
Arena	3.00%	
Arena cernida	10.00%	
Agua	10.00%	
Mezcla	30.00%	10.00%
Lechada		10.00%

Nota 1. Aplicar los factores de desperdicio a las cantidades señaladas en cada una de las tablas de dosificación.
Nota 2. Los factores de desperdicio señalados para la mezcla y lechada se aplican una vez fabricadas y durante el proceso de colación de éstas.

TABLA 29

DOSIFICACIONES PARA MORTERO POR BOTE

MORTERO: MORTERO-ARENA			
DOSIFICACIÓN	MORTERO (BOTES)	ARENA (BOTES)	AGUA (m^3)
1 a 4	1	4	0.290
1 a 5	1	5	0.285
1 a 6	1	6	0.280
1 a 7	1	7	0.275
1 a 8	1	8	0.270

ALCANCES Y CRITERIOS DE MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN

Para estos efectos la fabricación de morteros y lechadas se considera convencionalmente, como actividades básicas presentes durante la obra, por lo que se analizará inicialmente la fabricación de 1 m^3 de cada tipo de mezcla y su cuantificación se realizará en cada una de esas actividades, según su consumo y en su respectiva unidad de obra terminada.

El costo de la mano de obra para la fabricación de morteros y lechadas se incluye, como práctica generalmente aceptada, en los rendimientos de las actividades principales en donde la fabricación del mortero es un proceso complementario importante, por ejemplo, en la fabricación de un muro de tabique recocido junteado con mortero, en cuyo caso debe incluirse el tiempo empleado en la fabricación del mortero, por lo que en el análisis del costo básico de fabricación de 1 m^3 de estas mezclas no se considera el costo por mano de obra.

Referencias

Para complementar la información sobre este tema se sugiere consultar las siguientes normas mexicanas:

NMX-C-21-ONNCCE-2004	Cemento-mortero Portland.
NMX-C-58-1967	Método de prueba para determinar el tiempo de fraguado en cementantes hidráulicos.
NMX-C-59-ONNCCE-2006	Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos, método de Vicat.
NMX-C-61-ONNCCE-2001	Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.
NMX-C-83-ONNCCE-2002	Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
NMX-C-85-ONNCCE-2006	Método de mezclado mecánico de pasta y morteros cementantes hidráulicos.
NMX-C-132-1997-ONNCCE	Método de prueba para la determinación del fraguado falso de cemento Portland por el método de pasta.
NMX-C-144-ONNCCE-2002	Requisitos para el aparato usado en la determinación de la fluidez de mortero con cementante hidráulico.
NMX-C-152-1997-ONNCCE	Método de prueba para la determinación

	del peso específico de cementantes hidráulicos.
NMX-C-153-1971	Método de prueba para la determinación del sangrado en pasta de cemento y mortero.

Cimbras

Definición y características

"Es la estructura provisional o molde que soporta al concreto mientras esté fraguando y logra la resistencia suficiente para sostenerse a sí misma" (ACI 347 R 94).

La cimbra es una estructura temporal que se utiliza en la fabricación de elementos estructurales o arquitectónicos para dar y mantener la forma del concreto fresco durante el proceso de fraguado.

Se distinguen dos partes importantes en la fabricación de la cimbra:

- **Molde o forro.** Son los elementos que están en contacto directo con el concreto y dan forma al concreto y al acabado.
- **Obra falsa.** Son los elementos que soportan al molde o forro.

La cimbra puede fabricarse de madera o de materiales metálicos, mixtos y plásticos sintéticos e industrializados. Para construcciones en las que el tiempo es determinante y el número de usos de una misma cimbra es considerable, es recomendable y más rentable optar por un sistema de cimbra industrializado fabricado con materiales como aluminio, fibra de vidrio, etc., aunque el costo inicial de adquisición sea mayor que el de la cimbra de madera.

Los requisitos de las cimbras son:

- Deben ser fuertes y rígidas para garantizar el soporte adecuado del elemento que se construye y satisfacer las tolerancias dimensionales permitidas.



Foto 3
Cimbra metálica

- Deben ser lo suficientemente herméticas para evitar escurrimientos durante el proceso de vibrado y fraguado del concreto.
- Deben ser fácilmente desmontables para no dañar el acabado especificado del concreto y permitir su reutilización el mayor número de veces posible.

Recomendaciones

- La cimbra debe ajustarse a la forma, dimensiones, niveles, alineamiento y acabado claramente indicado y especificado en los alcances del proyecto.
- La obra falsa debe estar correctamente contraventeada para garantizar su seguridad, forma, ubicación y rigidez necesarios.
- La obra falsa debe construirse tomando en cuenta las contraflechas especificadas en el proyecto. Si éste no indica algo especial, se podrán aplicar las especificaciones de la tabla 30.
- Los puntales o pies derechos deben colocarse a plomo, permitiendo una inclinación no mayor a 2 mm por metro lineal.
- La cimbra de contacto debe tener la suficiente rigidez para evitar las deformaciones ocasionadas por la presión del concreto o por el efecto del vibrado o de cualquier otra carga presente durante el proceso de colado.
- Cuando se trate de cimbra de madera, se debe cuidar que los elementos utilizados no se encuentren torcidos o deformados, así como evitar la colocación de piezas con nudos en las zonas expuestas a esfuerzos de tensión de los elementos estructurales. Previo al colado debe humedecerse la cimbra de contacto.
- Para facilitar el proceso de descimbrado es recomendable, antes de armar y colocar el acero y el concreto, aplicar sobre la superficie de contacto de la cimbra algún producto desmoldante o desencofrante.
- Antes de iniciar el colado, la superficie de la cimbra debe estar libre de cualquier elemento extraño y dañino, como basura, pedazos de madera, etc.

- Durante el colado y antes del inicio del proceso de endurecimiento del concreto es recomendable inspeccionar el cimbrado con el fin de detectar deflexiones, asentamientos, pandeos o desajustes en los elementos de contacto o en la obra falsa.

Tabla 30

Contraflechas

UBICACIÓN	CONTRAFLECHA
Trabes y vigas	1/400 de claro libre
Extremo de voladizos	1/200 de la longitud
Losas de tableros interiores	1/400 del claro corto
Losas de tablero de esquina	1/200 del claro corto

En la tabla 31 se mencionan las tolerancias geométricas aplicables a la cimbra.

Tabla 31

Tolerancias en el alineamiento y verticalidad de las cimbras

UBICACIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO	TOLERANCIA
Desviación respecto a la vertical	En tramos hasta de 3 m En tramos hasta de 6 m En tramos mayores de 6 m	6 mm 12 mm 25 mm
En esquinas aparentes de columnas, ranuras de juntas de control y otras líneas principales	En tramos hasta de 6 m En tramos mayores de 6 m	6 mm 12 mm
Desviaciones respecto a niveles o pendientes de proyecto, medidas antes de retirar los puntales de soporte En cimbras para acabados aparentes. En cimbras para acabados comunes	En tramos hasta de 6 m En tramos mayores de 6 m	1 / 500 del claro 1 / 1300 del claro
En dinteles aparentes, parapetos y ranuras horizontales	En tramos hasta de 6 m En tramos mayores de 6 m	6 mm 12 mm
Desviaciones de alineamientos respecto a la posición establecida en planta y la posición relativa de columnas, muros y divisiones	En tramos hasta de 6 m En tramos mayores de 6 m	12 mm 25 mm
Desviaciones en la dimensión y localización de piezas de acoplamiento y abertura de pisos y muros		Entre 6 y 12 mm

(cont. tabla 31)

UBICACIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO	TOLERANCIA
Desviaciones de las dimensiones de las secciones transversales de columnas y vigas y en el espesor de losas		Entre 6 y 12 mm
Desvíos de zapatas. Variación en la desviación en planta. Excentricidad o desplazamiento		Entre 12 y 50 mm. 20% del ancho de la zapata en la dirección del desplazamiento, sin exceder 50 mm

- La cimbra podrá reusarse cuantas veces sea posible, siempre y cuando se cuide que en cada uso se cumplan las especificaciones y requisitos del cimbrado, esto es que no se reduzca la rigidez ni la hermeticidad y que se cumpla satisfactoriamente con el acabado superficial especificado.
- El proceso de descimbrado se realizará bajo condiciones de seguridad estructural para la edificación.
- Evitar descimbrar partes de la estructura que no se encuentren debidamente apuntaladas a fin de soportar, durante la construcción, cargas que sean mayores a las de diseño.
- Durante el descimbrado no se debe dañar la superficie del concreto.
- El tiempo para retirar la cimbra está en función del tipo de la estructura, de las condiciones climáticas, del tipo del concreto utilizado y de los aditivos empleados, ya sea para acelerar o retardar el fraguado.
- A menos que el proyecto especifique otro ordenamiento, los tiempos recomendables para descimbrar se pueden consultar en la tabla 32.

Tabla 32

Tiempos recomendados para descimbrar

ELEMENTO ESTRUCTURAL	CEMENTO CON RESISTENCIA INICIAL NORMAL	CEMENTO CON RESISTENCIA INICIAL RÁPIDA
Trabes y vigas	14 días	7 días
Losas	14 días	7 días
Bóvedas	14 días	7 días
Columnas	2 días	1 días
Muros y contrafuertes	2 días	1 días
Costados de trabes y losas	2 días	1 días

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- La unidad para medir y cuantificar los trabajos de cimbra es generalmente el metro cuadrado (m^2), aunque en algunos casos es aceptable considerar otras unidades de medición, como el metro lineal (m) cuando el elemento cimbrado tiene una longitud considerable y una sección transversal constante o el pie tablón (pt) aplicable a la cantidad de madera que se utiliza para la compra de material o para analizar el costo de la cimbra.
- Si se utiliza el metro cuadrado (m^2) se debe cuantificar y medir sólo el área de contacto de la cimbra con el concreto.
- Si es el metro lineal (m) se debe cuantificar la longitud total del elemento que tenga contacto con el concreto, la superficie de contacto será determinada en el análisis de costos respectivo.
- El pie tablón es la unidad convencional utilizada para indicar la cantidad de madera. Se considera como unidad de volumen.

(Pie tablón) = [(pulgadas) x (pulgadas) x (pie)] /12

(Pie tablón) = [(pulgadas) x (pulgadas) x (metros)] /3.657

En la tabla 33 se presentan varios elementos comerciales de madera para cimbra y su respectivo equivalente en pies tablón.

Tabla 33

Cantidad de pies tablón por elemento de madera

ELEMENTO	DIMENSIONES	FÓRMULA	PIES
Polín	3 1/2″ x 3 1/2″ x 8′	(3.50 pulgadas x 3.50 pulgadas x 8 pies)/12	8.17
Barrote	1 3/4″ x 3 1/2″ x 8′	(1.75 pulgadas x 3.50 pulgadas x 8 pies)/12	4.08
Duela	7/8″ x 3 1/2″ x 8′	(0.875 pulgadas x 3.50 pulgadas x 8 pies)/12	2.04
Triplay de madera de pino de 1a. de 19 mm de espesor	1.22 m x 2.44 m x 19 mm	(48 pulgadas x 96 pulgadas x 0.019m)/3.657	23.94
Triplay de madera de pino de 1a. de 16 mm de espesor	1.22 m x 2.44 m x 16 mm	(48 pulgadas x 96 pulgadas x 0.016m)/3.657	20.16
Polín (cortado a 40 cm long.)	3 1/2″ x 3 1/2″ x 0.40 m	(3.50 pulgadas x 3.50 pulgadas x 0.40m)/3.657	1.34
Barrote (cortado a 1.50 m long.)	1 3/4″ x 3 1/2″ x 1.50 m	(1.75 pulgadas x 3.50 pulgadas x1.50 m)/3.657	2.51
Cualquier pieza de madera	1″ x 1″ x 1′	(1 pulgada x 1 pulgada x 1 pie)/12	0.08
Cualquier pieza de madera	1″ x 1″ x 0.3048	(1 pulgada x 1 pulgada x 0.3048 m)/3.657	0.08
Cualquier pieza de madera	1″ x 12″ x 1′	(1 pulgada x 12 pulgadas x 1 pie)/12	1.00

Pie tablón = (a pulgadas x b pulgadas x pie)/12
Pie tablón = (a pulgadas x b pulgadas x c metros)/3.657

Donde a es la dimensión mínima de la pieza de madera expresada en pulgadas, b es la dimensión media de la pieza de madera expresada en pulgadas y c es la dimensión máxima de la pieza de madera expresada en pies o metros (fuente: Costo y tiempo en edificación de Carlos Suárez Salazar).



Concreto

Definición y características

El concreto hidráulico es una mezcla de agregados pétreos naturales, procesados o artificiales, cementante y agua, a la que además se le puede agregar algunos aditivos. Generalmente, esta mezcla es dosificada en unidades de masa en plantas de concreto premezclado y, en masa y/o en volumen en las obras. Los aditivos se dosifican en volumen o en masa según su presentación: en polvo, en masa y líquidos en volumen.

El concreto tiene las siguientes propiedades:

Trabajabilidad.
Consistencia.
Durabilidad.
Impermeabilidad.
Cambio de volumen.
Resistencia.

- **Trabajabilidad.** Es la facilidad con que pueden mezclarse los ingredientes de la mezcla aunada a la capacidad de ésta para manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de homogeneidad. Se mide por la consistencia o fluidez con la obtención del revenimiento (norma mexicana NMX-C-156-1997-ONNCCE). Una mezcla bien proporcionada y trabajable perderá el revenimiento lentamente, en cambio una mezcla deficiente no tendrá cohesión ni plasticidad y se segregará.

- **Consistencia.** Se refiere al carácter de la mezcla respecto a su fluidez tanto en su estado seco como fluido.
- **Durabilidad.** Es la capacidad de resistencia a la intemperie, a la congelación y descongelación, a la acción de agentes químicos y al desgaste.
- **Impermeabilidad.** Se logra reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y si estos están interconectados, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. El contenido bajo de agua en la mezcla, la inclusión de aire y el curado óptimo y eficiente del concreto, aumentan la impermeabilidad.
- **Cambio de volumen.** La expansión debida a las reacciones químicas de los ingredientes del concreto ocasiona la contracción del concreto durante su secado, así como la aparición de grietas.
- **Resistencia.** Se determina mediante una muestra en forma de cilindro sometida a esfuerzos de compresión. Como el concreto aumenta su resistencia conforme pasa el tiempo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad. Desde el punto de vista normativo se toman como referencia los siguientes códigos del ACI (American Concrete Institute): C192 (Investigaciones y pruebas de laboratorio), C31 (Investigación y pruebas con especímenes de campo), C39 (Procedimiento de prueba) y C42 (Pruebas de núcleos de concreto obtenidos por perforación) y las normas mexicanas NMX-C-83-ONNCCE-2002 (Prueba de resistencia a la compresión con especímenes de concreto cilíndricos) y NMX-C-169-1997-ONNCCE (Extracción y prueba de núcleos o corazones de concreto y sometidos a compresión).

    - Los ingredientes de una mezcla deben seleccionarse con el fin de producir un concreto trabajable, cuyas características sean adecuadas para las condiciones de servicio al menor costo.
    - Para optimizar costos, la cantidad de cemento debe mantenerse al mínimo, ésto se logra seleccionando el agregado grueso del tamaño máximo posible para tener menos huecos y, por lo tanto, necesitar menos pasta de cemento para llenarlos. La relación agua/cemento debe ser lo más baja posible para producir un concreto trabajable que garantice

la resistencia a la compresión, durabilidad e impermeabilidad especificadas y cuya contracción no sea excesiva.

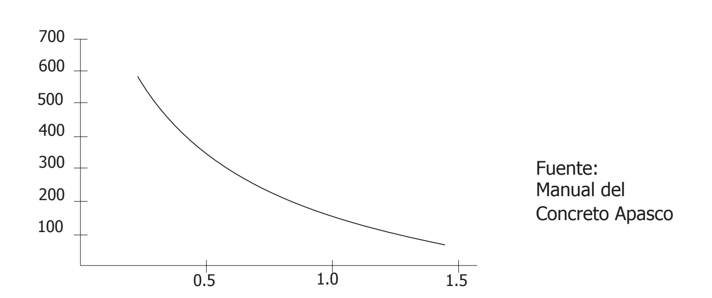
- El agua agregada a una mezcla muy dura o poco plástica mejorará su trabajabilidad, pero el exceso, sin incrementar proporcionalmente la cantidad de cemento, tiene efectos perjudiciales.
- La relación agua/cemento determina las características y propiedades del concreto endurecido, especialmente su resistencia. Los valores más bajos de esta relación corresponden a las resistencias más altas.
- Los códigos y normas relativas a la fabricación de concretos determinan la relación agua/cemento máxima permisible para concretos con resistencias específicas de diseño. A continuación se presenta una gráfica (figura 6) sobre la relación agua/cemento adecuada para diferentes resistencias de diseño del concreto (f'c).

En la construcción de elementos de concreto estructurales o arquitectónicos se distinguen las siguientes actividades consecutivas e importantes, que en este manual se tratarán por separado respetando el orden con el que se ejecuta cada proceso.

- **Proporcionamiento y dosificación.** Es la determinación de la cantidad de los materiales que intervienen en la mezcla para fabricar concreto partiendo de la relación agua/cemento y la resistencia deseada. No se incluye en este manual el método para determinar la dosificación; dicho método se plantea ampliamente en el informe 211 del ACI (American Concrete Institute).

  - La dosificación del cemento se mide en kilogramos (kg) de masa, ya sea por peso directo de la cantidad requerida o por medio del uso de sacos enteros. Se acepta una tolerancia de +/-1% con respecto a la cantidad requerida.
  - La dosificación del agregado fino y grueso puede hacerse en kilogramos (kg) pesando el material requerido o, también, por volumen utilizando recipientes rígidos, herméticos y de capacidad verificable. En obra se utilizan, convencionalmente, botes de 19 litros de capacidad nominal y si están muy deformados se verificará su capacidad real

Figura 6 **EFECTO DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**



Relación agua/cemento en peso

antesde utilizarlos. Es aceptable una tolerancia de variación de +/-2% con respecto a la cantidad requerida.

- La dosificación del agua se puede medir en kilogramos (kg) o en litros (l). Se acepta, al igual que el cemento,una tolerancia de +/-1% con respecto a la cantidad requerida.
- La dosificación del agua puede realizarse en kilogramos (kg) por volumen (un kilogramo de masa agua es igual a un litro) y medirse en los mismos recipientes y en las mismas condiciones que para los agregados. Se acepta una tolerancia de variación de +/-1% de la cantidad requerida.
- La dosificación de aditivos, cuando sea el caso, se hará en kilogramos (kg) si son sólidos (pulverizados) o en volumen si son líquidos. Se acepta una tolerancia de variación de +/-3% con respecto a las cantidades requeridas.
- Es importante definir, antes de fabricar el concreto, las cantidades de los materiales a fin de elaborar mezclas con el volumen y las propiedades requeridas.
- Las proporciones de arena y grava deben ajustarse en función de la cohesión y manejabilidad que se requieran en el proyecto. La cantidad de arena, en ningún caso, debe exceder a la de la grava.

En la tabla 34 se presentan dosificaciones para fabricar concretos de diferente resistencia.

Tabla 34

Dosificaciones y proporcionamientos para la fabricación de concreto

		Resistencia de diseño (f'c) con tma 20 mm (11/2")				
MATERIAL	**UNIDAD**	**100**	**150**	**200**	**250**	**300**
Agua	litro	57	48	38	33	24
Cemento	bulto (50 kg)	1	1	1	1	1
Arena	litro	143	105	76	67	48
Grava	litro	152	124	114	95	86

		Resistencia de diseño (f'c) con tma 40 mm (3/4")				
MATERIAL	**UNIDAD**	**100**	**150**	**200**	**250**	**300**
Agua	litro	57	48	38	33	24
Cemento	bulto (50 kg)	1	1	1	1	1
Arena	litro	133	105	76	67	48
Grava	litro	181	162	143	124	105

		Resistencia de diseño (f'c) con tma 20 mm				
MATERIAL	**UNIDAD**	**100**	**150**	**200**	**250**	**300**
Agua	bote	3	2.5	2	1.75	1.25
Cemento	bulto	1	1	1	1	1
Arena	bote	7.5	5.5	4	3.5	2.5
Grava	bote	8	6.5	6	5	4.5

*1 bote= 19 litros **1 bulto = 50kg

		Resistencia de diseño (f'c) con tma 40 mm				
MATERIAL	**UNIDAD**	**100**	**150**	**200**	**250**	**300**
Agua	bote	3	2.5	2	1.75	1.25
Cemento	bulto	1	1	1	1	1
Arena	bote	7.5	5.5	4	3.5	2.5
Grava	bote	9.5	8.5	7.5	6.5	5.5

Nota: tma es el tamaño máximo del agregado grueso. *1 bote= 19

PORCENTAJE DE DESPERDICIO PROMEDIO DURANTE LA FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE MEZCLAS		
MATERIAL	EN LA FABRICACIÓN DE LA MEZCLA	EN LA COLOCACIÓN DE LA MEZCLA
Cemento	3 %	
Arena	10 %	
Grava	10 %	
Agua	30 %	
Concreto		5 %

- **Fabricación.** Podrá efectuarse por medios manuales, mecánicos o industrializados (premezclado). Este último proceso se tratará más adelante y más ampliamente.
  - **Por medios manuales.** Sólo cuando las condiciones o las características particulares de la obra lo determinen se elaborará el concreto por este medio y se tomarán los siguientes cuidados:
    - La mezcla se deberá hacer sobre una artesa o entarimado perfectamente sellado.
    - Primero se extenderá la arena y sobre ésta, el cemento de manera uniforme. Ambos materiales se mezclarán hasta que su color se torne igual; posteriormente, esta mezcla se extenderá para agregar la grava y luego, por partes, la cantidad de agua especificada; procediendo nuevamente al mezclado hasta formar una pasta homogénea.
    - Desde el momento en que se añade agua a la mezcla hasta que es colocada en la cimbra, no deben pasar más de 30 minutos. Evitar agregar más agua transcurrido ese tiempo. Si parte de esa mezcla iniciara el fraguado no deberá usarse.
    - Se recomienda que la cantidad máxima de concreto elaborado a mano no sea mayor que el volumen producido con 150 kg de cemento, es decir, 3 sacos.

- **Por medios mecánicos.** Este procedimiento es el más adecuado para elaborar concreto en obra. Con él se obtiene una mezcla más uniforme en un tiempo razonablemente corto. El equipo o maquinaria usual es la revolvedora común y su capacidad de producción está en función de la cantidad de metros cúbicos (m^3) que se fabrican con determinado número de sacos o bultos de cemento. Estos rendimientos de producción se presentan en la tabla 35.

  - Es conveniente operar la revolvedora fabricando volúmenes equivalentes entre el 50 y el 85% de su capacidad nominal ya que la eficiencia se reduce si trabaja con poca o con excesiva carga.

  - La revolvedora debe girar con una velocidad tangencial de 18 a 24 rpm, durante 3 minutos mínimo y máximo 5.

  - Es importante tener todos los materiales en cantidad suficiente cerca del lugar de fabricación a fin de evitar tiempos perdidos.

  - Cuando por alguna circunstancia, parte de la mezcla tenga que permanecer dentro de la revolvedora, el tiempo no deberá ser mayor de 20 minutos y, antes de vaciarla, deberán mezclarse nuevamente todos los ingredientes por un minuto más como mínimo. Si se excede de este tiempo la mezcla no debe ser utilizada.

  - Al dejar de utilizar la revolvedora deben lavarse las partes que estuvieron en contacto directo con la mezcla, a fin de evitar el engrosamiento interior y alterar su capacidad nominal.

Tabla 35

Volumen de concreto fabricado por bulto de 50 kg de cemento

f'c (kg/cm²)	con tma de 20 mm/m³ (3/4")	con tma de 40 mm/m³ (11/2")
100	175	189
150	151	167
200	133	145
250	120	130
300	103	112

Nota: tma es el tamaño máximo del agregado grueso

- **Transporte.** Una vez fabricado el concreto debe trasladarse hasta el lugar del colado y para tal efecto el medio de transporte debe ser:
    - Lo suficientemente rápido para evitar pérdida del revenimiento antes de su colocación.
    - Lo suficientemente eficaz para evitar la segregación y la pérdida del mortero o lechada. Factores importantes para elegir el modo de transportar concreto dentro de la obra.
    - Factores importante para elegir el modo de transportar concreto dentro de la obra:
        - Volumen a transportar.
        - Distancia mínima y máxima.
        - Consistencia del concreto (revenimiento).
        - Tamaño máximo del agregado grueso en la mezcla.
        - Accesibilidad para vaciar el concreto en la cimbra.
        - Tiempo disponible para el colado.
    - Medios de transportación más utilizados:
        - **Carretillas manuales o motorizadas.** Son adecuadas para mover pequeños volúmenes a distancias cortas. La distancia máxima de entrega para un equipo motorizado es de 120 m y para un equipo manual

(carretilla) de 60 m. Efectuar el traslado a distancias mayores propiciará la segregación del material.

- **Bandas transportadoras.** Son recomendables para mezclas plásticas (de 6 a 8 cm de revenimiento) y grandes volúmenes ya que el costo de instalación e implementación es alto y requiere de cierta especialización.

- **Bombas estacionarias neumáticas o pistones.** Son recomendables para mezclas fluidas (de 9 a 15 cm de revenimiento) y para volúmenes medios o grandes ya que el costo de utilización es alto.

Para mayor información se sugiere consultar los informes de los códigos 304, 304- 212 y 304-412 del ACI (American Concrete Institute).

- **Colocación del concreto.** El colado o vaciado es el proceso de colocación del concreto dentro del molde o cimbra.
  - La colocación del concreto es determinante, ya que con esta actividad se concluye la fabricación de elementos estructurales o arquitectónicos, importantes, definitivos y perdurables de una obra. Además de cumplir con las exigencias de un funcionamiento estructural eficiente y seguro. Aunque las actividades de vibrado y curado son sumamente importantes, con la colocación se determina el volumen y la posición de los elementos.

Es importante que 24 horas antes del colado se notifique a las autoridades técnicas de la obra con el fin de que se lleve a cabo la inspección de la zona de colado.

En esta inspección se debe revisar, entre otros, aspectos tales como:

- Que la cimbra y el acero cumplan con los requisitos comentados anteriormente en el capítulo respectivo.
- Que dentro de la cimbra, en la revolvedora y en el equipo de transporte no haya elementos perjudiciales y ajenos al funcionamiento y manejo eficiente del concreto.
- Considerar las condiciones climáticas, si éstas no son adecuadas, llevar a cabo los cuidados necesarios para realizar el colado y tomar en cuenta la posibilidad de interrumpirlo.

- Evitar colar debajo de los 5°C a menos que se utilice un aditivo para eliminar los efectos de la congelación.
- Revisar los trabajos previos complementarios tales como la colocación y posición de las instalaciones inmersas en el concreto.
- Si hay ductos de instalaciones dentro de una columna deben colocarse en el centro de ésta y su área de sección no debe ser mayor a 4% del total de la sección transversal de la columna.
- Las tuberías de agua, gas, vapor y sanitarias no deberán ahogarse en el concreto estructural.
- No se debe colocar concreto que presente a simple vista muestras de segregación.
- Evitar que la colocación del concreto en la cimbra provoque un impacto que de lugar a la segregación de la mezcla.
- La altura máxima de caída libre del concreto es de 0.80 m. Si se tienen elementos más altos, deben abrirse ventanas clausurables y sellables por donde se pueda verter el concreto sin problema.
- El proceso de colocación debe ser por capas y cada una de éstas deberá ser compactada correctamente antes de que la capa anterior haya iniciado el fraguado.
- No es aceptable acumular la mezcla dentro de la cimbra o cimbras, para extenderla posteriormente, así como, traspalear concreto para llenar otras cimbras. Estas prácticas propician la segregación de la mezcla.
- Si las especificaciones del proyecto no señalan otra cosa, el acabado final de la superficie debe ser liso, continuo, libre de bordes, rugosidades u oquedades.
- Cuando los colados se llevan a cabo en condiciones y circunstancias deficientes y el proceso y el producto no satisfacen a las autoridades técnicas de la obra, es posible que se solicite la reposición total o parcial, lo cual depende de la gravedad del resultado. Si este es el caso, será bajo la responsabilidad y a cargo del constructor.
- Vibrado o compactación del concreto. Es el proceso que facilita la colocación del concreto recién vaciado dentro de las cimbras, elimina al máximo los vacíos dentro de la mezcla, uniforma la distribución de materiales, propicia un buen contacto entre el concreto, la cimbra y el acero de refuerzo.

- Esta fase se realiza con vibradores de inmersión que proporcionan a la mezcla vibraciones de frecuencias mayores a 3000 vibraciones por minuto.
- El equipo disponible es eléctrico o de gasolina con cabezales de diferentes tamaños y diámetros y son de varios tipos: de inmersión (con chicote y cabezal), externos (vibradores adheridos a la cimbra que se usan cuando la densidad del acero es alta) y de superficie (reglas vibratorias que se usan para la colocación y vibrado de pisos y superficies horizontales).

Para seleccionar el tipo de vibrador se debe tomar en cuenta:

- El volumen de concreto que se someterá a este procedimiento.
- Velocidad de compactación deseada.
- Peso y tamaño del vibrador.
- Tiempo requerido de vibrado en función del fraguado del concreto.
- Dimensiones de los elementos de concreto a vibrar y la densidad de acero.

Los vibradores de inmersión deben introducirse en el concreto verticalmente, separando cada inmersión entre 45 y 75 cm; hacerlo rápidamente a la entrada y hacia abajo y sacarlo cuando la superficie visible del concreto se torne brillante debido al flujo de la lechada de la mezcla. A este efecto se le conoce como sangrado del concreto.

En elementos de poco espesor se puede introducir el cabezal de manera inclinada y cada inmersión puede durar entre 5 y 15 segundos.

No se debe vibrar el concreto endurecido. Los huecos que se forman por la entrada del cabezal no podrán ser ocupados fácilmente por la misma mezcla al extraerlo.

Se debe evitar el sobrevibrado para no segregar la mezcla y no afectar al concreto en proceso avanzado de fraguado.

No debe vibrarse colocando el cabezal en contacto directo con el acero, ya que al iniciarse el fraguado, las vibraciones pueden provocar la separación entre el acero y el concreto, sobre todo si éste último ha iniciado su endurecimiento en algún lugar.

- **Curado.** El curado es la forma de controlar la humedad y la temperatura del concreto recién vaciado que permite, durante



Foto 4
Vaciado de concreto premezclado con bomba
y pluma telescópica.

el fraguado inicial, la adquisición de las propiedades deseadas (resistencia, rigidez, durabilidad, impermeabilidad, entre otras). El método adecuado de curado está en función de las circunstancias y del tipo de la obra además de las características de los elementos de concreto que se someterán a este proceso. Se tienen los siguientes métodos de curado:

- **Método tradicional.** Consiste en proteger el concreto contra la pérdida de agua por evaporación durante el período inicial de endurecimiento. Es aceptable mantener la humedad colocando sobre la superficie del concreto:

  - El papel de los bultos de cemento vacíos saturados de agua.

  - Aserrín o arena saturados de agua.

  - Rociar agua constantemente.

- **Método químico.** Evita la pérdida de humedad sellando la superficie del concreto, lo cual puede lograrse aplicando un producto o compuesto directamente sobre la superficie visible del concreto para que forme una membrana. En elementos verticales que se pueden descimbrar al día siguiente, el producto o compuesto químico se aplicará inmediatamente después del descimbrado.

- Tomar en cuenta que la humedad del concreto se pierde a través de todas las caras expuestas al medio ambiente; las caras cimbradas están protegidas satisfactoriamente contra la pérdida de humedad (siempre y cuando las otras caras o superficies no cimbradas se curen adecuadamente), por lo que es recomendable dejar colocada la cimbra el mayor tiempo posible, lo cual dependerá de la velocidad o del programa de reuso de los moldes utilizados para cimbrar.

- Durante el curado debe cuidarse que la temperatura del agua no sea 11°C menor a la del concreto para evitar esfuerzos de contracción que propicien agrietamientos inconvenientes.

- El período mínimo para la aplicación del curado debe ser de 7 días para concretos colados a una temperatura ambiente de más de 10°C, a menos que el concreto sea muy sensible al curado o que las condiciones ambientales sean muy

agresivas para el concreto, en cuyo caso el curado se prolongará por lo menos por 7 días más.

- Si el concreto se cuela en climas fríos, menores a los 10°C, o incluso en estado de congelamiento sin ninguna precaución, es posible que resulte un concreto de calidad deficiente y de resistencia indeterminada. Para que ésto no suceda, el concreto se debe mantener sobre los límites de temperatura indicados en la tabla 36.
- Para mantener el concreto por arriba del punto de congelación y de los límites de la tabla anterior, los materiales se pueden calentar antes de mezclarse o el concreto puede mantenerse en lugares caldeados tales como hornos. Si el clima es moderadamente frío sin llegar a la congelación, calentar el agua para la mezcla es una práctica aceptable. Si se llega a niveles de congelamiento habrá que calentar los agregados también, cuidando de que los materiales no rebasen los 32°C al ser calentados.

Tabla 36

Requisitos de temperatura del concreto para climas fríos

	Temperatura mínima del concreto	
Temperatura ambiente	Secciones delgadas y losas sobre pisos (°C)	Secciones gruesas y concreto masivo (°C)
De 7 a -3	16	10
De -3 a -18	18	13
Menor de -18	21	16

Fuente: norma mexicana NMX-C-403-ONNCCE-1999.

Concreto premezclado

Generalidades

El concreto premezclado es el concreto hidráulico que contiene cemento, agregados pétreos, agua y aditivos (según se requieran) cuya dosificación

y mezclado son cuidadosamente controlados en planta por el fabricante. El concreto premezclado se entrega, para su utilización, en estado plástico.

La utilización del concreto premezclado ofrece las siguientes ventajas:

- Elaborado con cemento Holcim Apasco que garantiza una calidad uniforme bajo un mismo estándar de calidad a nivel nacional.
- Medición correcta y calidad controlada en todos los insumos.
- Para cumplir los requisitos de resistencia de esta norma, con un nivel de confianza del 98%, los resultados de las pruebas de resistencia deben cumplir con los requisitos que se indican.
- Uniformidad en aspecto, color y resistencia.
- Permite acelerar el ritmo de la obra.
- Menor empleo y costo de mano de obra.
- Elevada capacidad de producción, suministro y control.
- Asesoría profesional y directa por parte de Concretos Holcim Apasco.

Calidad del concreto en estado endurecido:

- El productor de concreto debe tener información de ensayes que respalden el cumplimiento de los requisitos especificados.
- Cuando la resistencia es la base de la aceptación del concreto, deben elaborarse especímenes de acuerdo con la NMX-C-160-ONNCCE-2004.
- El número de muestras debe estar de acuerdo con lo indicado en la tabla 38, que considera para la prueba de resistencia como mínimo dos especímenes a la edad especificada, de la muestra obtenida según la NMX-C-161-1997-ONNCCE.
- El resultado de una prueba debe ser el promedio de las resistencias obtenidas en los especímenes compañeros, excepto si se observa en alguno de ellos una deficiencia de muestreo, elaboración, manejo, curado o prueba, no se tomarán en cuenta y el promedio de las resistencias de los especímenes restantes debe ser considerado como el resultado de la prueba. El que se obtenga una resistencia inferior a la especificada no es motivo para rechazar el espécimen.

- Para cumplir con los requisitos de resistencia de esta norma, con un nivel de confianza de 98%, los resultados de las pruebas de resistencia deben estar de acuerdo a los requerimientos indicados.

Resistencia a la compresión

La resistencia debe ser igual o mayor a 19.6 Mpa (200 kgf/cm^2), a menos que de común acuerdo con el productor, el estructurista y el usuario se establezca otra.

El concreto debe alcanzar la resistencia especificada a la compresión (fc) a 28 días y a otra edad convenida y cumplir con lo siguiente:

a) Se acepta que no más del 10% del número de pruebas de resistencia a la compresión, tengan valores inferiores a la resistencia especificada f´c. Se requiere un mínimo de 30 pruebas.

b) Se permite no más del 1% de los promedios de 3 pruebas consecutivas de resistencia a la compresión, puede ser inferior a la resistencia especificada. Se requiere un mínimo de 30 pruebas.

Nota: Debido a la variación en los materiales, operaciones y pruebas, la resistencia promedio para alcanzar estos requisitos, deber ser considerablemente más alta que la resistencia especificada.

Esta resistencia es más alta en la medida en que las variaciones aumenten y más baja en la medida en que éstas disminuyan.

En la utilización del concreto premezclado se distinguen las siguientes etapas desde su dosificación hasta el manejo y cuidado en la obra una vez colado:

- **Dosificación y mezclado**
    - El concreto se dosifica y proporciona en planta de acuerdo a lo que se establece en la norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004 y los insumos utilizados estarán dentro de las normas respectivas ya comentadas anteriormente en este manual.
    - El mezclado puede hacerse totalmente en la planta, parcialmente en la planta o en el camión mezclador (olla).

- **Transporte**
  - El concreto premezclado se traslada desde la planta dosificadora hacia la obra en el camión mezclador (olla).
  - La descarga total del concreto debe realizarse durante un período no mayor a 90 minutos después de la introducción inicial del agua de mezclado.
  - Bajo condiciones especiales de temperatura ambiente, del empleo de aditivos y otras, el tiempo máximo para su descarga puede ser diferente.
  - Si la mezcla se realiza totalmente dentro del camión mezclador (olla) se requiere en total de 70 a 100 revoluciones, a razón de 10 a 12 revoluciones por minuto. Con esto se tiene una mezcla uniforme y homogénea.
  - Si se requiere mezclado adicional se debe hacer a una velocidad de entre 2 y 6 revoluciones por minuto.
  - Estos procesos de mezclado posteriores al primero pueden afectar a la uniformidad del concreto. Si se tiene duda al respecto se deben aplicar pruebas cuyos resultados cumplan con los requisitos que se indican en la tabla 37; del resultado de éstas se podrá determinar si es aceptable o no la mezcla.

Tabla 37

Requisitos de uniformidad de mezclado del concreto

PRUEBA	DIFERENCIA MÁXIMA PERMISIBLE ENTRE RESULTADOS DE PRUEBA CON MUESTRAS OBTENIDAS EN DOS PORCIONES DIFERENTES DE LA REVOLTURA O DESCARGA(*)
1. Masa unitaria según la NMX-C-162-ONNCCE-2000, en kg/m^3	±15
2. Contenido de aire en porcentaje del volumen de concreto determinado según la NMX-C-157-ONNCCE-2006 para concretos con aire incluido.	±1
3. Revenimiento en cm. Si el revenimiento promedio es menor a 5 cm. Si el revenimiento promedio está comprendido entre 5 cm y 10 cm	± 1.5 ± 2.5 ± 3.5
4. Contenido del agregado grueso retenido en la criba 4.75 (No. 4) expresado en porcentaje de la masa de la muestra.	6
5. Masa del mortero por unidad de volumen, determinada sobre el promedio de todas las muestras comparativas ensayadas, en porcentaje (a).	1.6
6. Promedio de la resistencia a la compresión a 7 días de edad de cada muestra, expresado en porcentaje(**) determinado de acuerdo a la NMX-C-83-ONNCCE-2002.	7.5

(*)Las dos muestras para efectuar las determinaciones de esta tabla deben obtenerse de dos porciones diferentes tomadas al principio y al final de la descarga.
(Principio: del 10 al 15% del volumen aproximadamente. Final: del 85% al 90% del volumen aproximadamente).

a) La masa por unidad de volumen del mortero, libre de aire, se determina como sigue:

$$M = \frac{B - C}{V - \left[\frac{VxA}{100} + \frac{C}{G}\right]}$$

Donde:

M es la masa por unidad de volumen del mortero libre de aire, en kg/m^3

B es la masa de la muestra de concreto en el recipiente, en kg

C es la masa del agregado saturado y superficialmente seco, retenido en la malla No. 4, en kg
V es el volumen de la masa por unidad de volumen del recipiente, en m^3
A es el contenido de aire del concreto determinado en la muestra en estudio, en porcentaje.
G es la densidad del agregado grueso

(**) La aprobación tentativa de la mezcladora puede ser otorgada antes de obtener los resultados de la prueba de resistencia.

Si se requieren revoluciones adicionales en el camión mezclador, éstas deben desarrollarse a la velocidad agitación indicada por el fabricante (normalmente de 2 rpm). En caso de duda sobre la uniformidad de mezclado, el supervisor puede realizar las pruebas indicadas en la tabla 37 y con base en los resultados, aceptar o rechazar el uso de la unidad, la cual no puede utilizarse hasta que la condición sea corregida. Cuando se encuentre satisfactorio el mezclado de alguna revolvedora, puede considerarse el mezclado de revolvedoras del mismo diseño y con el mismo estado de aspas, igualmente satisfactorio.
Fuente: norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004.

Tabla 38-A

Frecuencias mínimas de muestreo para control de producción

Prueba y método	Concreto dosificado por masa
Revenimiento (NMX-C-156-1997-ONNCCE)	Al inicio del colado y cuando se detecte visualmente cambio de consistencia, pero no menos de una por cada 100 m^3 o fracción
Masa unitaria (NMX-C-162-ONNCCE-2000)	Una por cada día de colado
Temperatura. Si la temperatura ambiente es menor de 280 K (7º C) o mayor de 305 K (32° C)	No menos de una por cada 60 m^3 o fracción Una por cada entrega
Contenido de aire (NMX-C-162-ONNCCE-2000), en concretos con aire incluido	Cada entrega. En caso de producción continua, cada 12 m^3
Resistencia a la compresión (NMX-C-083-ONNCCE-2002)	Cada 100 m^3 o fracción
Módulo de elasticidad (NMX-C-128-ONNCCE-2000)	Cuando lo solicite el usuario (cliente)

Nota: Para la prueba de resistencia a la compresión de la muestra obtenida y mezclada de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-161-ONNCCE deben hacerse, como mínimo dos especímenes para probar a la edad especificada.
Fuente: norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004.

Tabla 38-B

Frecuencias mínimas de muestreo en obra

Prueba y método	Concreto dosificado por masa
Revenimiento (NMX-C-156-1997-ONNCCE)	En todas las entregas o de acuerdo con especificaciones
Masa unitaria (NMX-C-162-ONNCCE-2000)	Una por cada día de colado
Temperatura. Si la temperatura ambiente es menor de 280 K (7º C) o mayor de 305 K (32° C)	Cada entrega. En caso de producción continua, cada 12 m^3.
Contenido de aire (NMX-C-162-ONNCCE-2000), en concretos con aire incluido	Cada entrega. En caso de producción continua, cada 12 m^3.
Resistencia a la compresión	Cada 40 m^3 o fracción
Resistencia a la compresión en columnas y muros (NMX-C-083-ONNCCE-2002)	Cada 14 m^3 o fracción
Módulo de elasticidad (NMX-C-128-1997-ONNCCE)	Tres determinaciones por obra como mínimo y cuando lo solicite el director responsable de obra

Nota: Para la prueba de resistencia a la compresión de la muestra obtenida y mezclada de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-161-ONNCCE-1997 deben hacerse, como mínimo dos especímenes para probar a la edad especificada.
Fuente: norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004.

- **Muestreo del concreto** (toma de la muestra)
    - La planta dosificadora debe apegarse siempre a las normas mexicanas para la selección de los materiales y la aplicación de los procesos.
    - La empresa fabricante del concreto premezclado debe permitir al constructor responsable, ejecutante de la obra o supervisor, llevar a cabo la toma de muestras necesarias para las pruebas con el fin de verificar la calidad requerida del concreto que se recibe.
    - La toma de muestras debe hacerse para cada tipo de concreto solicitado y de acuerdo con la frecuencia señalada en la tabla 38 A.

- **Recomendaciones para el muestreo adecuado**
    - Para tomar la muestra de la olla se requiere de la siguiente herramienta:
        - Un recipiente con capacidad mínima de 15 litros (cubeta, carretilla, etc.) el cual debe estar limpio, no ser poroso o absorbente e impermeable.
        - Una charola lisa de acero con las mismas características que el recipiente anterior.
        - Un cucharón de acero de aproximadamente un litro de capacidad y con las mismas características que los anteriores.
        - Debe tomarse la muestra hasta que se le haya añadido toda el agua y tenga la uniformidad requerida.
        - Cuando la muestra se toma de la olla debe hacerse en tres o más intervalos, tomando una parte de la muestra total en cada uno y del flujo de la descarga.
        - La muestra total debe tomarse después de descargar el 15% del total de la olla y antes de vaciar el 85% restante. El tiempo máximo para completar la toma total de la muestra no debe ser mayor a 15 minutos.
        - La cantidad de la muestra de cada toma debe ser suficiente para la realización de las pruebas de verificación de la calidad del concreto (revenimiento y resistencia de cilindros de concreto).
        - Una vez tomada la muestra, no deben transcurrir más de 15 minutos para usarla. Durante ese tiempo la muestra debe protegerse de los agentes del medio ambiente que le provoquen pérdida de humedad o que la contaminen.
        - Las pruebas de revenimiento y de inclusión de aire deben iniciar dentro de los 5 minutos posteriores al término de la toma de la muestra.

- **Verificación de la calidad del concreto**

Las pruebas más usuales que se aplican al concreto son las siguientes:

- Prueba verificable en laboratorio:
  - Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros moldeados de concreto (norma mexicana NMX-C-83-ONNCCE-2002.
- Prueba verificable en obra:
  - Determinación del revenimiento del concreto fresco (NMX-C-156-1997-ONNCCE).

Hay métodos complementarios de prueba para el concreto cuyo objeto es verificar si cumplen con los requisitos de fabricación requeridos. Para los fines de este manual sólo se detallan los principales.

Referencias

Se recomienda consultar los siguientes métodos en sus respectivas normas mexicanas:

NMX-C-109-ONNCCE-2004	Cabeceo de especímenes cilíndricos.
NMX-C-157-ONNCCE-2006	Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión.
NMX-C-160-ONNCCE-2004	Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.
NMX-C-162-ONNCCE-2000	Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico.

Prueba de los cilindros de concreto

Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros moldeados de concreto (norma mexicana NMX-C-83-ONNCCE-2002)

Una vez tomada la muestra de concreto en las condiciones ya precisadas anteriormente se procede como sigue:

- El concreto se coloca con el cucharón de acero en cada uno de los tres moldes cilíndricos requeridos para la muestra (15 cm de diámetro y 30 cm de altura), en tres capas iguales.

- Cada capa de concreto se compacta por medio de una varilla (no. 5, 5/8") haciendo 25 penetraciones de manera uniforme en todo el molde. En la primera capa se introduce la varilla hasta tocar el fondo, sin abollarlo ni deformarlo, y en las dos siguientes hasta penetrar 2 cm aproximadamente de la capa inferior anterior. La capa superior debe rebasar el borde del cilindro. Una vez compactada la última capa, ésta se debe enrasar y cubrir perfectamente para evitar la pérdida de humedad. Si el concreto de la muestra tiene revenimiento igual o mayor a 5 cm, la compactación de las capas debe hacerse por medio de vibración de inmersión.

- Los cilindros colados deben curarse durante las 24 horas siguientes, en el lugar de la obra.

- Los cilindros se trasladarán al laboratorio; ahí se extraen las muestras de los moldes y se almacenan en condiciones controladas de laboratorio a una temperatura entre los 23°C y 25°C y a una humedad relativa de 95% mínimo. Durante el traslado debe mantenerse la humedad de los cilindros y no dañarlos. Si las muestras cilíndricas no se cuidan debidamente durante el fraguado inicial se producirá una disminución de la resistencia de diseño lo cual es inaceptable; una muestra tratada inadecuadamente puede perder entre 10% y 25% de su resistencia potencial.

Tabla 39

Comportamiento de cilindros de concreto sometidos a la prueba de compresión

Concreto resistencia normal		Concreto resistencia rápida	
Edad (días)	% de la resistencia de diseño	Edad (días)	% de la resistencia de diseño
7	65	3	65
14	80	7	85
28	100	14	100

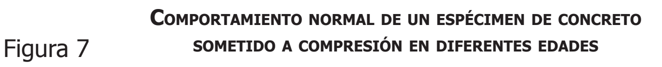
- En el laboratorio cada cilindro se someterá a un esfuerzo de compresión a diferentes edades. En la tabla 39 se muestra en forma muy general, el comportamiento de los cilindros de concreto

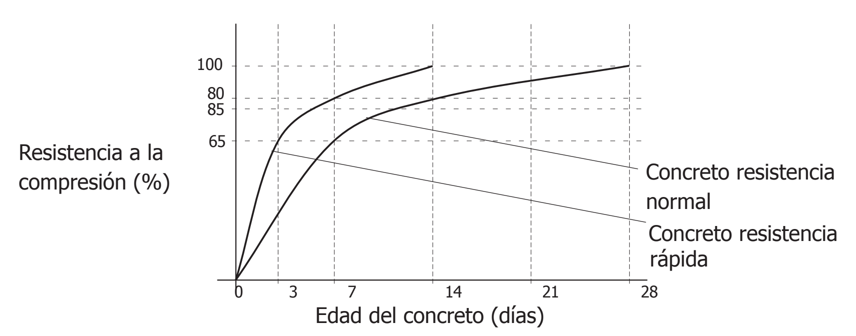


Foto 5
Prueba de resistencia del concreto con esclerómetro.

sometidos a compresión; en la figura 7 se representa gráficamente ese comportamiento.

Figura 7





Conclusiones de la prueba

Se debe llevar un control y una identificación que relacione claramente las muestras tomadas para esta prueba con la ubicación de los elementos que se fabricaron con el concreto del que se tomó dicha muestra, a fin de realizar acciones correctivas precisas en caso de que las pruebas arrojen resultados inferiores a los requeridos.

Si la máxima resistencia a la compresión obtenida a los 28 días (con el último cilindro sometido a la prueba) no es menor al 85% de la resistencia de diseño (f'c) el concreto es aceptable y no requiere ninguna revisión o investigación desde el punto de vista estructural.

Si la máxima resistencia a la compresión obtenida a los 28 días es menor al 85% de la resistencia de diseño (f'c), o menor a la resistencia de diseño (f'c) menos 35 kg/cm^2, demuestra algún tipo de deficiencia, ya sea en el proceso de fabricación y manejo del concreto o en las pruebas realizadas.

Los cilindros con baja resistencia no siempre representan la calidad y resistencia reales del concreto en una estructura. En ocasiones el muestreo para las pruebas y el mismo proceso, no se lleva a cabo de manera estricta y con apego a lo establecido en las normas que aplican para cada una. Las imprecisiones o desviaciones en la elaboración de las pruebas pueden deberse a técnicas deficientes y no uniformes en la preparación del cilindro:

- Grado de compactación.
- Cuidado de los cilindros recién colados.
- Manejo excesivo de la mezcla.
- Técnicas deficientes en el curado.



Foto 6
Prueba de resistencia del concreto con ultrasonido.

- Variación de la temperatura.
- Variación de la humedad.
- Técnicas y procedimientos deficientes durante la prueba.
- Cabeceo de cilindros.
- Pruebas de compresión.
- Máquina y equipo de prueba.
- Calibración de la máquina de ensayes.

Si se verifica que la prueba fue realizada con estricto apego a lo señalado en la norma y aún así se tuvieron resultados inaceptables se requerirá de otra revisión a otro nivel o en otra instancia.

En algunas ocasiones la parte de la estructura representada por las pruebas de los cilindros deficientes (resistencias bajas) no requiere toda la resistencia especificada. Esto puede deberse a que una sola resistencia (la mayor obtenida en el cálculo, análisis y diseño estructural) ha sido aplicada como otro margen de seguridad además del reglamentario, en un amplio rango de uso. En este caso el ingeniero estructurista y el corresponsable de la seguridad estructural revisarán los cálculos y dictaminarán si los resultados bajos representan una posible reducción de la capacidad de carga de la estructura en su conjunto o no.

Si aún se requiere obligatoriamente verificar la resistencia real del concreto de la obra existen otras pruebas para este efecto, las cuales pueden ser no destructivas o destructivas.

Pruebas no destructivas

Los equipos que se utilizan en estas pruebas no proporcionan datos que se puedan interpretar como resistencias a la compresión. Sin embargo, con una operación y aplicación adecuada y experimentada, es posible obtener información útil del concreto de cuya resistencia y calidad se duda, mediante la comparación de lecturas en elementos de la estructura con resistencia menor a la obtenida en otros elementos considerados aceptables, o bien, con patrones muestra de concreto. Esta comparación puede ayudar a determinar si el concreto dudoso se acepta o no.

Las pruebas no destructivas son las siguientes:

- **Martillo de rebote.** Proporciona una aceptable y pronta información de las propiedades de la resistencia. Se trata de medir el rebote del



Foto 7
Extracción de un núcleo o corazón de concreto.

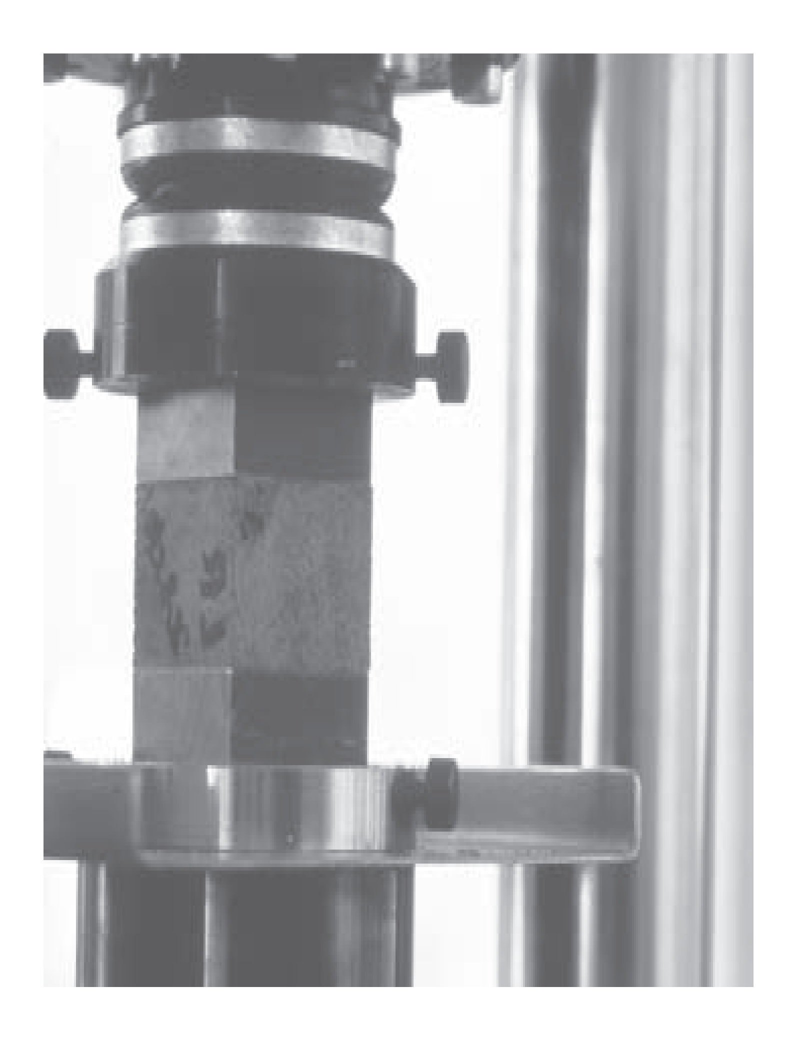


Foto 8
Espécimen de concreto sometido a compresión.

proyectil de acero impulsado por un resorte ubicado sobre un émbolo que se sostiene firme y perpendicularmente sobre la superficie del concreto. La lectura del rebote es mayor en el concreto de mayor resistencia a la compresión y menor si el concreto baja de resistencia a la compresión.

- **Pistola de Windsor o prueba de penetración.** Es un perno de acero que penetra en el concreto por medio de la explosión de una carga de pólvora medida con precisión. Esta prueba consiste en identificar la profundidad a la que esta herramienta de precisión puede penetrar en el concreto. La penetración se mide cuidadosamente con un micrómetro y se compara con penetraciones realizadas en concretos aceptables cuya resistencia específica sea la misma para ambos.

Si los resultados de las dos pruebas anteriores no son suficientes para disipar las dudas respecto a la calidad y resistencia del concreto, entonces será necesario verificar estas propiedades directamente con una muestra del concreto en duda tomada del elemento estructural donde se colocó.

Ensaye de corazones y vigas de concreto

La prueba se llama "obtención y prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido" y está especificada bajo la norma mexicana NMX-C-169-1997-ONNCCE. Establece el procedimiento para la determinación de espesores, resistencias a la compresión diametral y de vigas cortadas en concreto endurecido. La prueba se realiza de la siguiente manera:

- Por medio de un taladro con broca cilíndrica de pared delgada y corona de diamante, carburo de silíceo o algún material similar y que tenga sistema de enfriamiento se extrae un núcleo de concreto, llamado corazón.
- El corazón debe tener una relación entre la altura y el diámetro no mayor a 2 ni menor a 1. Debe tomarse perpendicularmente a la superficie, cerca del centro y alejado de las aristas o juntas del colado.
- El corazón no debe contener acero pues puede alterar la eficacia de la prueba.
- El diámetro de los corazones no debe ser menor a 3 veces el tamaño del agregado grueso del concreto que se analiza.
- Una vez extraído el corazón de concreto se someterá a un proceso



Foto 9
Prueba de revenimiento de un concreto.

de curado previo a la prueba.

- Si el elemento del que se extrajo la muestra ha estado expuesto a un ambiente superficialmente seco, el corazón debe permanecer durante 7 días en un ambiente entre 15°C y 26°C, con humedad relativa máxima de 60%. Esto sólo se logra en laboratorio.
- Si el elemento del que se extrajo la muestra ha estado expuesto a un ambiente superficial de completa saturación, el corazón debe permanecer sumergido en agua saturada de cal entre los 21°C y 25°C, por lo menos durante 40 horas antes de la prueba.

La prueba de resistencia a la compresión aplicada a estos corazones se realiza en las mismas circunstancias y procedimientos que la de los cilindros de concreto fresco (norma mexicana NMX-C-83-ONNCCE-2002) ya comentada anteriormente.

Medidas correctivas

- Después de revisar la resistencia del concreto por medio de cualquiera de las pruebas anteriores y concluir que realmente el concreto tiene una resistencia deficiente, se implementarán las siguientes medidas correctivas opcionales, a fin de no poner en riesgo estructural a la edificación.
- Estudiar la posibilidad de reducir la carga a un nivel adecuado para la resistencia obtenida del concreto colocado.
- Incrementar la capacidad de carga hasta alcanzar la que se determine en el diseño por medio de la construcción de elementos estructurales adicionales o mediante el incremento de sección o de tamaño de los elementos de concreto con resistencia insuficiente.
- Demoler los elementos de concreto cuya resistencia sea insuficiente y sustituirlos por nuevos.

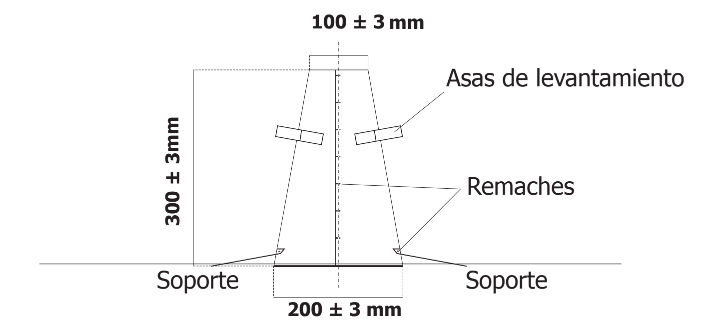
Prueba del revenimiento:

Determinación del revenimiento del concreto fresco (norma mexicana NMX-C-156-1997-ONNCCE)

El revenimiento es la medida de la consistencia del concreto fresco en términos de disminución de altura.

Para hacer la prueba se requiere un molde en forma de cono truncado de acero o de cualquier otro material no poroso ni absorbente (ver figura 8), un cucharón como el utilizado para la toma de muestras, una varilla del no. 5 (5/8") con punta semiesférica, una charola metálica o de otro material no absorbente ni poroso y una cinta métrica relativamente rígida.

Figura 8 **Cono de Revenimiento**



El procedimiento es el siguiente:

- Se humedece el molde cónico trunco.
- Se coloca el molde sobre la charola sujetándolo firmemente con los pies y sobre los estribos del cono.
- Se llena el molde con capas iguales hasta completar tres partes.
- Cada capa de concreto se compacta por medio de la varilla haciendo 25 penetraciones de manera uniforme en toda la sección del molde. En la primera capa se introduce la varilla hasta tocar el fondo, sin abollarlo ni deformarlo y en las dos siguientes hasta penetrar 2 cm aproximadamente de la capa inferior anterior. La capa superior debe rebasar el borde del molde y enrasarse con la misma varilla al término de la compactación.
- Se levanta el molde verticalmente y sin movimientos laterales ni torsionales; esta operación debe tomar entre 3 y 7 segundos. Después

del llenado del molde hasta su retiro no deberán pasar más de 2.5 minutos. El molde se coloca a un lado del espécimen de concreto.

- Inmediatamente se mide el revenimiento. Se coloca la varilla horizontalmente en la parte superior del molde y sobre el espécimen de concreto y se mide la distancia desde la parte inferior de ésta, hasta el centro desplazado de la parte superior de la masa de concreto. Si alguna parte del concreto se desliza o se cae hacia un lado, se desecha la prueba y se efectúa otra utilizando un concreto diferente pero de la misma muestra tomada originalmente.
- Si la segunda prueba presenta caída o deslizamiento del concreto es probable que se deba a que la mezcla no tiene la suficiente plasticidad y cohesividad en cuyo caso la prueba del revenimiento no se aplicará. El reporte de la prueba debe contener los siguientes datos:
    - Revenimiento obtenido en cm.
    - Revenimiento de proyecto en cm.
    - Tamaño máximo del agregado.
    - Identificación y datos del concreto.

A continuación se presenta información acerca de los revenimientos más comunes y de sus respectivas tolerancias. Ver tablas 40 y 41 respectivamente.

Tabla 40

Revenimientos especificados

REVENIMIENTO (cm)	CARACTERÍSTICAS
10	Poco trabajable y no bombeable
12	Trabajable en grado medio y no bombeable
14	Trabajable y no bombeable
14 Bombeable	Trabajable y bombeable
18 Bombeable	Muy trabajable y bombeable

Tabla 41

Valor nominal del revenimiento y tolerancias

REVENIMIENTO NOMINAL (mm)	TOLERANCIA (mm)
Menor de 50	+/- 1.5
De 50 a 100	+/- 2.5
Mayor de 100	+/- 3.5

Fuente: norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004

Conclusiones de la prueba

Si el revenimiento medido en la o las pruebas no es el requerido ni aún aplicando las tolerancias respectivas, el concreto de donde se tomó el muestreo debe desecharse pues no es aceptable para su colocación. Si el revenimiento es menor al especificado o solicitado puede ser que el concreto haya iniciado el proceso de fraguado. Si el revenimiento es mayor, puede ser que la relación agua/cemento se haya incrementado sin la debida autorización o control, lo cual afecta la resistencia.

Es importante mencionar que la utilización de las pruebas antes mencionadas no es limitativa ni exclusiva de los concretos premezclados; desde luego son aplicables también al concreto hecho en obra.

Bombeo del concreto premezclado

El concreto premezclado se puede dosificar y fabricar de manera que fluya con mayor facilidad y con un revenimiento alto de modo que sea posible bombearlo.

El bombeo de concreto premezclado ofrece mejores resultados en cuanto a la eficiencia y economía, además de tener las siguientes ventajas:

- Reducción del tiempo de colado.
- Menor utilización de mano de obra.
- Disminución de riesgos que afecten la calidad del concreto por manejo y transporte dentro de la obra.
- Disminución del problema de acceso al lugar del colado.
- Abatimiento de los márgenes de desperdicio.

Al ser concreto fluido tiende a autocompactarse por lo que requiere menos tiempo y esfuerzo para el vibrado. Esto se aplica al concreto premezclado convencional con revenimiento bombeable. Actualmente se fabrican concretos autocompactables que eliminan el vibrado al 100%. Este tipo de concreto es elaborado por Holcim Apasco en varias plantas de concreto y se encuentra disponible en las principales plazas del país.

Recomendaciones para el bombeo

- Solicitar el servicio a Concretos Holcim Apasco de manera oportuna y programada a fin de no tener tiempos muertos ni demoras para liberar el uso del equipo.
- Habilitar previamente el acceso y lugar donde se ubicará la bomba estacionaria.
- Revisar y tener el equipo que se utilizará durante el colado en buen estado además de combustible suficiente.
- Seleccionar la ubicación adecuada de la bomba para tener la menor superficie de tubería instalada para la descarga.
- Antes de descargar el primer camión mezclador es necesario purgar la bomba con lechada.
- El procedimiento de colado deberá iniciarse en la parte más lejana a la bomba y continuar hacia la más cercana, a fin de que el colado no sea un obstáculo.

Datos básicos para solicitar concreto premezclado

- Nombre del solicitante.
- Ubicación de la obra.
- Número de la norma mexicana de referencia (NMX-C-155).
- Volumen.
- Tipo de concreto.
- Edad a la que se garantiza la resistencia (28 días u otra diferente).
- Tamaño máximo del agregado (9, 12, 20 ó 40 mm).
- Revenimiento en el lugar de la obra.
- Frecuencia si es más de un camión mezclador (olla).

- Opcionales:
    - Contenido de aire.
    - Tipo de cemento.
    - Agregado especial (ligero, mármol, gravilla, etc.).
    - Aditivo.

Aditivos para concreto

Son materiales diferentes del agua, de los agregados y del cemento, que se pueden emplear como componentes del concreto y que se agregan en pequeñas cantidades a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado, interactuando con el sistema hidratante-cementante mediante la acción física, química o físico-química, y que modifican una o más de las propiedades del concreto o mortero en sus etapas: fresco, fraguando, endureciéndose y endurecido.

No se consideran como aditivos los suplementos del cemento como escorias, puzolanas naturales o humo de sílice, ni las fibras empleadas como refuerzo, los cuales pueden ser constituyentes del cemento, mortero o concreto.

Los aditivos químicos para el concreto actúan directamente sobre el contenido de cemento en la mezcla del concreto y se dosifican comúnmente en mililitros o centímetros cúbicos por kilogramo de cemento, en porcentaje con respecto al contenido de cemento, o en volumen con respecto al peso de cemento.

Aunque los aditivos, a diferencia del cemento, los agregados y el agua, no son componentes esenciales de la mezcla de concreto, son importantes y su uso se extiende cada vez más, por la aportación que hacen a la economía de la mezcla; por la necesidad de modificar las características del mortero o concreto de tal forma que éstas se adapten a las condiciones de la obra y a los requerimientos del constructor, y otras veces, su utilización como único medio factible para lograr las características deseadas en el concreto, como baja permeabilidad, alta resistencia a temprana edad, alta fluidez para colocarse por su peso propio, facilidad de bombeo a distancias largas o altura, entre otras.

Los aditivos químicos para el concreto, son compuestos solubles en agua, que actúan directamente sobre el contenido del cemento para modificar las características en estado fresco o endurecido del concreto y están normalizados por la NMX C-255-ONNCCE-2006 aunque en el país la referencia más usual

es la norma norteamericana ASTM-C-494. Los aditivos deben cumplir con los requisitos de desempeño, así como con las propiedades descritas en la norma. En general, los aditivos pueden ser:

Tipo A
Reductor de agua
Descripción

Es un reductor de agua de la mezcla de concreto, que por efecto de la dispersión de las partículas de cemento, se traduce en mayores resistencias con la misma cantidad de cemento o importantes ahorros de cemento para las mismas resistencias.

Aplicaciones principales:

- Es un aditivo ideal para obtener mezclas cohesivas, de buena trabajabilidad y buena apariencia. No altera sustancialmente los tiempos de fraguado normal y mejora las condiciones de resistencia y durabilidad del concreto endurecido.

Características y beneficios

En estado plástico:

- Reduce el contenido de agua de mezcla por lo menos en 5 %.
- Mejora la trabajabilidad.
- Mejora la cohesión.
- Reduce la tendencia a la segregación y al sangrado.

En estado endurecido:

- Aumenta la resistencia a la compresión axial y a la flexión.
- Mejora la adherencia al acero de refuerzo.
- Reduce la tendencia al agrietamiento.

Tipo B
Retardante de fraguado

Descripción

Es generalmente un líquido producido sintéticamente. Actúa en el concreto como agente de fraguado extendido de una forma prevista y controlada.

Es un ácido carboxílico hidroxilado modificado, que no contiene cloruro de calcio u otros materiales potencialmente corrosivos y puede ser empleado con aluminio o zinc. Se puede emplear en varias dosificaciones para lograr un fraguado extendido, de hasta 30 horas, comparado con una mezcla testigo (concreto sin aditivo).

Frecuentemente se necesitan tiempos de fraguado extendido en plataformas de puentes, donde el peso muerto adicional del concreto causará deflexión y falta de cohesión con el reforzamiento así como agrietamiento excesivo. Generalmente es compatible con otros aditivos, pero es indispensable realizar ensayes previos.

Principales aplicaciones

- Concreto pretensado.
- Concreto que requiere control de tiempo de fraguado.
- Concreto arquitectónico.
- Colados de lenta velocidad de colocación y acabado.

Características y beneficios

- Concreto plástico.
- Controla la velocidad del fraguado.
- Mejora el acabado.
- Mejora la trabajabilidad.
- Reduce la segregación.
- Concreto endurecido.
- Aumenta la resistencia a la compresión axial y a la flexión.
- Mejora la apariencia del acabado.
- Reduce la posibilidad formación de juntas frías.

Tipo C
Acelerante de fraguado

Descripción

Es generalmente un aditivo líquido elaborado a base de cloruro de calcio o de silicato u otras sales inorgánicas, exentas de cloruros .

El aditivo actúa mediante una reacción química con el cemento, acelerando el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión axial a temprana edad. Estos aditivos son compatibles con agentes inclusores de aire, ciertos aditivos superplastificantes y ciertos aditivos reductores de agua convencionales.

Principales aplicaciones

- Colocación de concreto en climas fríos.
- Concreto convencional y estructural.
- Incrementar la producción en planta de bloques, adoquines y tabicones de concreto.
- Concretos para fabricación de tubos.
- Para la fabricación de elementos prefabricados, postensados o pretensados, el aditivos acelerante deberá estar exento de cloruros.

Características y beneficios

- Reduce el tiempo de fraguado inicial entre una hora y tres horas y media con respecto al testigo.
- Mejora el desarrollo de resistencia a la compresión a edades tempranas.
- Disminuye las horas extras de trabajo ya que permite realizar el acabado del concreto en el menor tiempo posible.
- Si se utilizan sin cloruros, aumentan la protección del acero de refuerzo.
- Los acelerantes de fraguado disminuyen en 10 % aproximadamente la resistencia potencial del concreto.

Tipo C2
Acelerante de resistencia

Descripción

Tiene una reacción físico-química con el cemento, plastificando y reduciendo el agua de la mezcla de concreto, muestra mejores características de fraguado y acabado cuando se compara con otros aditivos reductores de agua comunes

del tipo A o F. Se puede utilizar dentro de un amplio rango de dosificaciones, no contiene cloruro de calcio u otros ingredientes promotores de la corrosión.

Principales aplicaciones

- Concreto para pavimentos, pisos industriales y en general en donde se requiere que el concreto tenga un fraguado previsto y controlado.
- Concreto industrializado para uso general.
- Concreto colocado en clima frío.

Características y beneficios:

Concreto fresco

- Mejora el acabado.
- Mejora la trabajabilidad.
- Reduce los requerimientos de agua, por lo menos en 8 % de agua de mezcla.
- Reduce la tendencia a la segregación.

Concreto endurecido

- Incrementa la resistencia con respecto al testigo en al menos 110 % a un día.
- Mejora la apariencia del acabado.
- Reduce la tendencia al agrietamiento.
- No mancha.
- Incrementa la durabilidad.

Tipo D

Reductor de agua y retardante

Descripción

Es generalmente un aditivo de color café oscuro, que tiene una acción físico-química con el cemento, favoreciendo la hidratación de las partículas de éste, reduciendo el agua de la mezcla y plastificando la masa del concreto.

El uso del aditivo reductor de agua y retardante, provee al concreto de una plasticidad y fluidez adecuada mejorando las características del concreto tanto en estado plástico como endurecido.

Principales aplicaciones

- Concreto colocado en climas cálidos.
- Concreto que se transporta a distancias largas.
- Concreto que requiere alta trabajabilidad: bombeo y colados en estructuras estrechas.
- El aditivo se puede utilizar como reductor de agua y retardante y como fluidificante.
- Por sus características, es el aditivo más empleado en el país.

Características y aplicaciones

- Reduce la cantidad de agua de mezcla por lo menos en 5 % (usualmente entre el 7 y el 9 %)
- Retarda el tiempo de fraguado inicial entre una y tres y media horas, con respecto al testigo.
- Aumenta la resistencia a la compresión axial por lo menos en 110% a 28 días.
- Mejora la trabajabilidad y facilita el acabado.
- Reduce la tendencia a la segregación y el sangrado.
- Reduce la permeabilidad.
- Facilita el bombeo del concreto.
- Aumenta la durabilidad.

TIPO E
REDUCTOR DE AGUA Y ACELERANTE

Descripción

Es un aditivo que resulta de la combinación de compuestos acelerantes y reductores de agua. Mejora las propiedades plásticas y de endurecimiento del concreto tales como la trabajabilidad, resistencia a la compresión y a la flexión. Es un material a base de sales inorgánicas compatibles con agentes inclusores de aire y debe ser añadido a la mezcla en forma separada y dosificada.

Principales aplicaciones

- Colocación de concreto en clima frío.
- Concreto estructural.
- Bloques de concreto.
- Fabricación de tubos de concreto y muchos elementos prefabricados.

Características y beneficios

- Reduce el tiempo de fraguado inicial entre una y tres horas y media, con respecto al testigo.
- Reduce el agua de mezclado por lo menos en 5 %.
- Desarrolla alta resistencia a edad temprana, por lo que permite un tiempo más corto para descimbrar.
- Aumenta la densidad del concreto.
- Minimiza la tendencia al sangrado y a la segregación.

Tipo F
Reductor de agua de alto rango

Descripción

Es un aditivo que puede ser dosificado al concreto en la obra o en la planta de concreto industrializado. No se utilizan cloruros en su formulación, por lo tanto se recomienda para concreto pretensado o postensado. Es también muy compatible con agentes inclusores de aire, impermeabilizantes integrales y muchos otros aditivos. Sin embargo, cada material debe ser agregado al concreto por separado.

Principales aplicaciones

- Concretos durables de alto desempeño.
- Concreto industrializado en general.
- Concreto densamente armado.
- Concreto para losas y concreto en masa.
- Concretos de baja relación agua/cemento.
- Concretos hiperfluidos.

Características y beneficios

- Produce concreto de bajo contenido de agua y con baja relación agua/cemento lo que permite resistencias más altas. Reduce el agua de la mezcla por lo menos en 12 %.
- Útil en la producción de concreto hiperfluido cuya resistencia es generalmente más alta que las normales.
- Ayuda a la colocación del concreto y reduce los costos de mano de obra.
- Cuando se utiliza en elementos prefabricados, elaborados con cemento Holcim Apasco CPC 40 R, o CPC 40, se puede obtener resistencia alta a edad temprana, mayor de 140 % en un día.

Tipo G
Reductor de agua de alto rango y retardante

Descripción

Es un aditivo formulado específicamente para extender el tiempo de trabajabilidad del concreto fluido a temperaturas de hasta 45°C.

Principales aplicaciones

- Concreto reforzado.
- Concreto de alta resistencia.
- Losas industriales.
- Concreto ligero.
- Concreto pretensado.
- Concreto colocado bajo agua.

Características y beneficios

- Produce concreto fluido con un intervalo de pérdida de revenimiento y trabajabilidad, suficientes para permitir la colocación adecuada del concreto.
- Reduce en gran medida la demanda de agua, facilitando la fabricación de concretos de baja relación agua/cemento (12 % menos).

- Reduce la tendencia a la segregación y el sangrado del concreto.
- Reduce las fisuras y la permeabilidad del concreto endurecido.

Tipo F2
Superplastificante

Descripción

Es un aditivo cuyos compuestos son solubles al agua, que se utilizan en la producción de concreto superfluido.

Principales aplicaciones

- Para fabricación de concretos que requieren alta trabajabilidad: bombeo a grandes distancias, horizontales y verticales, así como estructuras estrechas y/o densamente armadas.
- Es compatible con otros aditivos. Cada uno de ellos deberá añadirse por separado.

Características y beneficios

- Incrementa la consistencia del concreto por lo menos en 9 cm.
- Se obtienen resistencias a compresión axial a temprana edad por lo menos en 90% a tres días.
- No debe modificar el tiempo de fraguado del concreto.
- Mejora la trabajabilidad y facilita el acabado.
- Facilita el bombeo del concreto.
- Reduce la segregación y el sangrado.
- Reduce la permeabilidad.
- Aumenta la durabilidad.

Tipo G2
Superplastificante y retardante

Descripción

De las mismas características que el aditivo tipo F2, con la diferencia que retarda el fraguado del concreto.

Principales aplicaciones

- Se utiliza principalmente en la fabricación de concretos que requieren alta trabajabilidad: bombeo a largas distancias, horizontales y verticales, así como en estructuras estrechas y/o densamente armadas. Se utiliza como reductor de agua de alto rango y retardante, así como superfluidificante.
- Este aditivo es compatible con otros, en cuyo caso cada uno de ellos deberá añadirse a la mezcla por separado.

Características y beneficios

- Incrementa la consistencia del concreto, por lo menos en 9 cm.
- Incrementa la resistencia a compresión axial por lo menos en 90% a tres días.
- Aumenta el tiempo de fraguado inicial entre una y tres horas y media.
- Mejora la trabajabilidad y facilita el acabado.
- Facilita el bombeo del concreto.
- Reduce la tendencia a la segregación y sangrado.
- Reduce la permeabilidad.
- Aumenta la durabilidad.

Tipo AA
Inclusor de aire

Descripción

Es un aditivo especialmente diseñado para utilizarse en concreto o mortero expuesto a congelamiento y deshielo. Adicionalmente provee mayor trabajabilidad al concreto sin la necesidad de adicionar agua a las mezclas.

Principales aplicaciones

- Todo tipo de elementos o estructuras expuestas al congelamiento como: pavimentos, cámaras de refrigeración, puentes, entre otros.

Características y beneficios

- Mejora la trabajabilidad del concreto, especialmente cuando existe deficiencia en la granulometría de los agregados o bajo contenido de cemento.

- Provee un sistema de espacios de aire estable con un tamaño y espaciamiento de burbuja adecuado. Este sistema de espacios de aire protege al concreto contra el daño que causan los ciclos de congelamiento y descongelamiento.
- El concreto se vuelve más resistente a las sales deshielantes, al ataque de sulfatos y al agua corrosiva.
- Puede reducir la cantidad de agua de mezclado, mejorando la trabajabilidad del concreto.
- Reduce la tendencia al sangrado de las mezclas ásperas.
- Reduce la segregación y la contracción del concreto.

Adiciones para concreto

Impermeabilizante integral

Descripción

Es generalmente un polvo higroscópico que se añade a la mezcla de concreto para que rechace al agua y mejore la trabajabilidad y así disminuya la permeabilidad del concreto endurecido. Para que este efecto sea más efectivo, se recomienda aplicarlo en concreto de F´c mayor a 200 Kg/cm^2

Principales aplicaciones

- Se utiliza para reducir la permeabilidad en todo tipo de concreto expuesto al agua, principalmente en cimentaciones, tanques de almacenamiento de agua, sistemas de alcantarillado, canales, losas, etc.

Características y beneficios

- Reduce la absorción del concreto endurecido.
- Reduce la permeabilidad del concreto.
- Mejora la trabajabilidad y facilita el acabado.
- Reduce ligeramente el agua de mezcla del concreto, incrementando la resistencia final.
- Reduce la capilaridad del concreto evitando la eflorescencia.
- Aumenta la durabilidad del concreto.

Polvo de microsílica densificada

Descripción

Es una adición para concreto a base de polvo de microsílice, listo para usarse. Este producto reacciona químicamente con el hidróxido de calcio en la pasta del cemento generando silicato de calcio hidratado, el cual aumenta la resistencia y la durabilidad. La microsílice superfina (finura 60 a 100 veces mayor que la del cemento Pórtland) llena los espacios entre las partículas de cemento, creando un concreto muy denso y menos permeable.

Principales aplicaciones

- Concreto de baja permeabilidad.
- Concreto de alta resistencia.
- Concreto de peso volumétrico alto.
- Concreto durables, en ambientes agresivos.
- Concreto, en general, de alto desempeño.

Características y beneficios

- Alta resistencia final a la compresión axial y a la flexión, para una mayor capacidad estructural.
- Alto desarrollo de resistencias tempranas, para un reinicio más rápido de actividades.
- Baja permeabilidad para una mayor resistencia a la penetración de fluidos (agua, aire y gases).
- Mayor resistencia física a la abrasión para una mayor expectativa de vida del concreto.

Fibras de refuerzo de polipropileno

Descripción

Las fibras de polipropileno están diseñadas específicamente como refuerzo secundario del concreto. Son monofilamentos que se dispersan tridimensionalmente en la mezcla al agregarse en la planta de concreto industrializado o en la obra.

La utilización de este tipo de fibras deberá tener como principal objetivo minimizar el agrietamiento por contracción plástica, el cual se presenta en el momento de iniciarse la rigidización del concreto.

Principales aplicaciones

- Losas para proyectos de concreto industrial, comercial y residencial.
- Lechos de cimentación, cimentaciones, paredes y tanques.
- Tubos de concreto, cajones funerarios y vigas pretensadas.
- Pavimentos de concreto y en general concretos extendidos y exteriores.
- Aplanados de muros.

Características y beneficios

Concreto fresco

- Reduce el agrietamiento por contracción plástica.
- Reduce la tendencia a la segregación.
- Provee refuerzo tridimensional, comparado con el bidimensional de la malla electrosoldada.

Concreto endurecido

- Reduce el agrietamiento.
- Aumenta la durabilidad de la superficie.

Fibra prefabricada estructural de poliéster y polipropileno

Descripción

Es una fibra sintética especialmente diseñada, para fines estructurales del concreto, cuyos materiales antagónicos y el efecto mecánico del mezclado fibrilan y proveen un refuerzo tridimensional, comparado con el bidimensional de la malla electrosoldada.

Principales aplicaciones

- Losas de concreto sobre rasantes, para pisos industriales, comerciales y residenciales.
- Lechos de cimentaciones, cimentaciones y tanques.
- Tubos de concreto, cajones funerarios y vigas pretensadas.



Fig. 10
Vibrado del concreto.

Características y beneficios

Concreto fresco

- Controla y minimiza el agrietamiento por contracción plástica y añade mayor tenacidad al concreto.
- Reduce la segregación.
- Minimiza el agua de sangrado.
- Provee refuerzo tridimensional, comparado con el bidimensional de la malla electrosoldada.

Concreto endurecido

- Reduce el agrietamiento.
- Aumenta la durabilidad de la superficie.

Otros beneficios

- Reduce el costo de colocación comparado con el del concreto armado con malla electrosoldada.
- Fácil de usar y puede agregarse a la mezcla de concreto en cualquier momento antes de colocarla, cuidando de mezclarla el tiempo necesario para su dispersión.

Productos complementarios

Retardante de evaporación

Descripción

Es un compuesto diseñado para ser utilizado como un retardante de la evaporación en obras de concreto extendido de todo tipo. Cuando se aplica sobre el concreto fresco forma una película delgada y continua que previene la pérdida rápida de la humedad de la superficie. Es fácil de usar y requiere solamente de la adición de agua antes de aplicarse por aspersión. Es especialmente efectivo cuando se debe trabajar el concreto a cielo abierto (con luz solar directa, viento, altas temperaturas o humedad relativa baja).

Principales aplicaciones

- Pisos industriales.

- Pavimentos.
- Recubrimientos de concreto convencional.
- Plataformas, losas y rampas de estacionamiento.

Características y beneficios

- Mantiene la humedad superficial en pisos de concreto, losas y pavimentos, evitando su secado rápido.
- Ayuda a prevenir el agrietamiento por contracción plástica del concreto.
- Ayuda a eliminar las asperezas debidas a la pérdida de humedad superficial.
- Útil como auxiliar del acabado durante las operaciones con la llana.
- A base de agua para ser totalmente compatible con el concreto fresco.
- Excelente para trabajos interiores y exteriores en superficies planas.
- No afecta la adherencia del compuesto de curado u otros tratamientos para pisos.

Membrana de curado y sellado

Descripción

Es una membrana emulsionada para el curado del concreto, sellado y endurecimiento del concreto, que evita el desprendimiento de polvo de la capa superficial. El uso de este producto es adecuado sobre concreto viejo o nuevo y se comporta bien tanto en interiores como en exteriores, sin los efectos adversos de los sistemas cuya base son los disolventes.

Principales aplicaciones

- Hospitales.
- Concreto exterior.
- Bodegas en general.

- Muros.
- Pisos industriales.
- Sótanos.
- Concreto interior.
- Muros y pisos tilt up.

Características y beneficio

- Forma una barrera húmeda y eficiente para un óptimo curado del concreto.
- Sella superficies de concreto para protegerlas de los efectos del medio ambiente.
- Ayuda a eliminar el polvo de las superficies del concreto en pisos y pavimentos mediante un buen desarrollo de resistencias.
- Proporciona una alternativa segura para los materiales base solvente cuyos vapores pueden ser indeseables.

Compuesto para curado formador de membrana

Descripción

Es un compuesto líquido formador de membrana, de color blanco.

Está formulado para prevenir la evaporación rápida, que es un método económico y eficiente para curar concreto. Es una emulsión a base de agua que contiene una fina dispersión de partículas de ceras y parafinas.

Principales aplicaciones

- Concreto interior y exterior.
- Superficies verticales y horizontales.
- Losas de pisos industriales.
- Columnas estructurales.
- Cimientos.
- Pisos con endurecedor superficial.
- Pavimentos

Características y beneficios

- El uso de este producto asegura un curado adecuado que dará como resultado un concreto más fuerte y resistente al desgaste.
- Provee una retención óptima de humedad.
- Se puede aplicar rápida y fácilmente con un aspersor.
- No deja residuos duros en el equipo de aplicación.
- No contiene disolventes.

Recomendaciones para el uso de aditivos

- El uso de cualquier aditivo debe considerarse siempre en función de la economía que traen al sistema.
- Los aditivos no son una respuesta mágica a los problemas del concreto derivados del mal diseño o mala práctica.
- Todo el concreto, incluyendo al que se le añadan aditivos, tiene que ser preparado, manejado, colocado, acabado y curado siguiendo los lineamientos generalmente aceptados como buena práctica.
- En algunos casos el empleo de aditivos puede ser la única forma de proporcionar al concreto comportamientos, características o propiedades determinadas, sin embargo, en otras ocasiones es posible obtenerlos mediante la selección correcta y el uso de algún tipo de cemento o agregado, a fin de utilizar los aditivos únicamente cuando sea estrictamente necesario.
- Si se emplea un aditivo inclusor de aire se debe procurar que no exceda el 6% de aire con respecto a la masa del concreto para evitar reducciones considerables en la resistencia del mismo.
- Al utilizar aditivos adhesivos o membranas de curado, es recomendable aplicarlos sobre superficies libres de pequeños elementos sueltos del mismo concreto, madera, etc. para asegurar que los efectos de estos productos se cumplan.
- Cuando se use un aditivo expansor es conveniente cuidar que la cimbra se encuentre totalmente cerrada y rígida para evitar sobreexpansiones que reduzcan la resistencia del concreto endurecido.
- Los adhesivos base polímeros (p.e. látex) no se deben utilizar para unir elementos de concreto que tengan una función estructural; para este caso se recomienda el uso de adhesivos epóxicos.

- Si se emplea un aditivo por primera ocasión, es conveniente consultar al fabricante respecto a los usos adecuados, dosificación, requisitos para su uso eficiente, almacenamiento apropiado, caducidad, etc. Así mismo, es recomendable que se realicen pruebas previas antes de utilizarlo para verificar la efectividad y la dosificación correcta.
- El empleo de algunos aditivos (como los acelerantes) exige cuidados posteriores a su aplicación, por lo que se recomienda observar y monitorear el comportamiento del concreto, una vez aplicado el producto.
- La utilización de aditivos significa un costo extra en el precio unitario del concreto, por lo que debe considerarse en la elaboración del presupuesto original.
- Es importante programar la utilización de los aditivos a fin de almacenarlos el menor tiempo posible, ya que esta circunstancia puede modificar sus propiedades.
- Los aditivos deben almacenarse en lugares frescos y secos, bajo techo y libres de humedad.
- Se tiene que cuidar minuciosamente la dosificación de los aditivos, ya que una sobredosificación puede causar efectos no deseados.
- Es posible y permisible tener varios tipos de aditivos actuando en una misma mezcla de concreto, siempre y cuando no provoquen efectos contrarios entre sí, por ejemplo, no añadir un aditivo acelerante junto con uno retardante.
- Debido a que la cantidad de aditivo que se suministra al concreto debe ser precisa, la dosificación debe hacerse en recipientes cuya capacidad esté perfectamente calibrada.
- Tanto los aditivos en presentación líquida como sólida deben conservarse en los empaques originales durante su almacenamiento y antes de su aplicación.
- Los aditivos se integrarán al concreto en estado líquido diluyéndose previamente con el agua para la mezcla. Los aditivos en polvo se combinarán con el cemento antes de mezclarlo con el resto de los materiales.
- En algunos casos, según el tipo de aditivo, el contacto directo con la piel puede ser dañino, por lo que se recomienda tomar las medidas de precaución y seguridad adecuadas para su manejo.

Referencias

Para mayor información y complementación sobre este tema se sugiere consultar las siguientes normas mexicanas:

NMX-C-81-1981	Aditivos para concreto. Muestreo.
NMX-C-90-1978	Método de prueba para aditivos expansores y estabilizadores de volumen
NMX-C-117-1978	Aditivos estabilizadores de volumen de concreto
NMX-C-140-1978	Aditivos expansores de concreto
NMX-C-237-1985	Determinación de la adherencia de los sistemas de resinas epóxicas empleadas en el concreto.
NMX-C-241-1985	Sistemas de adhesivos a base de resinas epóxicas para concreto.
NMX-C-255-ONNCCE-2006	Industria de la construcción-aditivos químicos para concreto-especificaciones, muestreo y métodos de ensaye.

Cuidados especiales del concreto

Manejo del concreto a temperaturas bajas

- A menor temperatura del concreto, menor velocidad en el proceso de endurecimiento y adquisición de resistencia y mayor tiempo para el proceso de curado.
- Se debe evitar que el concreto, expuesto a temperatura muy fría, se congele o se descongele mientras tiene una edad temprana. Esto se logra implementando el curado de manera adecuada y evitando los cambios de temperatura, mediante la instalación de sistemas de aislamiento o protección del lugar de colado.

- Cuando se cuela un concreto fabricado a temperaturas muy bajas se debe proteger de la congelación por lo menos durante 48 horas después del colado. En estas condiciones climáticas, para obtener un comportamiento eficiente del concreto debe mantenerse a más de 5°C durante 6 días posteriores al colado.
- Si el concreto que se utiliza no tiene aditivos inclusores de aire, el tiempo de protección del concreto con relación a la temperatura de congelación debe ser de 12 días.
- El mantenimiento de las temperaturas requeridas en el inicio del fraguado se logra calentando el agua para la mezcla y si es necesario los agregados también. El agua debe calentarse por lo menos a 60°C de manera controlada y en cantidad suficiente a fin de no tener variaciones si se hace mediante calentamientos parciales.
- Para el concreto es un peligro la congelación así como las temperaturas altas o el sobrecalentamiento, éste último acelera la acción química elevando el requerimiento de agua para alcanzar el revenimiento de diseño, aumenta la contracción térmica, el fraguado instantáneo y la pérdida de inclusión de aire, si es el caso.
- Para evitar el sobrecalentamiento, se debe introducir en la mezcladora o revolvedora inicialmente y de manera conjunta el agua y los agregados, a fin de que el agregado más frío reduzca la temperatura del agua a menos de 26 °C.
- Si se opta por calentar los agregados, se hará con vapor o agua caliente entubada de manera que circule entre el agregado almacenado.
- Es recomendable que antes de vaciar el concreto en la cimbra se retire el hielo, la nieve o la escarcha de la superficie de contacto mediante el suministro de vapor.
- Evitar depositar el concreto sobre tierra, suelo o plantilla congelada para evitar cambios de temperatura.
- El método más común para proteger el concreto una vez colado, es envolver los elementos con lonas o plásticos y calentar el interior. Esta envoltura o cubierta debe ser fuerte y resistente a los vientos. El calor interior se puede lograr suministrando vapor; aire caliente de manera directa o entubada desde estufas o calentadores eléctricos. Esta práctica exige la implantación de medidas de seguridad contra incendios. Cuando se utilice calor seco, es aún más importante un proceso de curado constante y eficiente del concreto.

- Al concluir el tiempo mínimo de cuidado y protección del concreto se retirarán los medios de calentamiento gradualmente para evitar agrietamientos por contracción térmica.

Manejo del concreto a temperaturas altas

- A mayor temperatura del concreto, mayor velocidad en el proceso de endurecimiento, mayor evaporación del agua de la mezcla y por consiguiente menor resistencia.
- La temperatura ideal del concreto durante el colado debe fluctuar entre los 17°C y 20°C. Un colado realizado a más de 32°C requiere de mayores cuidados durante el proceso.
- Para mantener los rangos de temperatura óptimos en el concreto durante el colado y los cuidados posteriores se deben considerar las siguientes recomendaciones:
  - Utilizar agua fría para la mezcla. En algunos casos es aceptable utilizarla de manera combinada: agua fría sin congelar y agua en forma de hielo escarchado, con la condición de no colar si el hielo no se ha descongelado aún.
  - Si es necesario se deben enfriar los agregados mediante el suministro de agua refrigerada por aspersión o inmersión.
  - Evitar exponer directamente los insumos para la fabricación del concreto a los rayos solares.
  - Si la temperatura ambiental es muy elevada se recomienda programar el colado en horario nocturno.
  - Usar aditivos retardantes del fraguado que disminuyen el efecto acelerante de la temperatura alta y la necesidad de agua adicional para la mezcla.
  - Antes de colar es recomendable rociar agua refrigerada, o en su defecto fresca, sobre la superficie de contacto de la cimbra, el acero de refuerzo y la plantilla.
  - El colado debe efectuarse lo más rápido posible para evitar los efectos de una disminución del revenimiento.
  - Evitar un proceso de mezclado prolongado ya que este clima propicia un endurecimiento inicial rápido.
  - No usar aditivos acelerantes.

◦ Proteger el concreto recién colado contra la evaporación, e iniciar el proceso de curado tan pronto como sea posible.

Ejecución de juntas en pisos y muros de concreto

El concreto se expande y se contrae con los cambios de humedad y temperatura. La tendencia general es a contraerse y esto causa el agrietamiento a edad temprana. Las grietas irregulares son anti estéticas aunque generalmente no afectan la integridad del concreto. Las juntas son sencillamente agrietamientos planificados.

Existen 3 tipos de juntas en la construcción de pisos y muros de concreto:

- Juntas de aislamiento
- Juntas de contracción
- Juntas de construcción

Juntas de Aislamiento

Las juntas de aislamiento están diseñadas para permitir movimientos diferenciales tanto horizontales como verticales en las partes adyacentes de la estructura. Se emplean por ejemplo, en el contorno perimetral de las losas sobre el piso, alrededor de cimentaciones y columnas así como en el contorno de la cimentación de equipos o máquinas, con el propósito de separar el piso de concreto de los elementos más rígidos de la estructura.

La separación se realiza frecuentemente mediante la colocación de bandas compresibles tipo hule espuma o cartón asfaltado (ha ido paulatinamente en desuso). El espesor de este tipo de materiales puede ser de 6 mm (1/4 pulg.), pero es más frecuente el empleo de espesores de 13 mm (1/2 pulg.). Es muy importante asegurarse que todos los bordes en toda la profundidad de la losa se aíslen de las construcciones adyacentes, ya que de lo contrario podrían presentarse agrietamientos.

Las columnas en zapatas separadas deben aislarse de la losa del piso a través de una junta de forma circular o cuadrada. La de forma cuadrada debe girarse para que sus esquinas queden alineadas con las juntas de control y de construcción.

Juntas de Control o de Contracción

Este tipo de juntas permiten el movimiento en el plano del muro o de la losa muro induciendo el agrietamiento de los mismos -causado por la contracción por secado y térmica del concreto- de manera controlada. Las juntas de control se deben construir para permitir la transferencia de las cargas perpendiculares al plano del muro o de la losa. Si no se diseñan ni emplean estas juntas, o si se deja mucho espacio entre ellas en los pisos de concreto o en muros poco reforzados, podría ocurrir agrietamiento de forma aleatoria, que se presenta con más frecuencia cuando la contracción por secado y térmica produce esfuerzos de tensión mayores a los que puede resistir el concreto.

Hay diversas formas de diseñar las juntas de contracción para pisos de concreto. El método más convencional consiste en realizar el aserrado del piso formando una ranura recta continua en la parte superior de la losa. Esto crea un plano de debilidad en el cual se formará la fisura. Las cargas verticales se transmiten a lo largo de la junta gracias al enlace de los agregados entre las caras opuestas de la fisura, siempre y cuando la grieta no esté muy abierta y la separación entre las juntas no sea muy grande. Es importante considerar que si el ancho de la grieta en las juntas de contracción aserradas es mayor a 0.9 mm, la junta así formada no transferirá las cargas de manera adecuada. La eficiencia de la transferencia de carga por el enlace del agregado no es sólo función del ancho de la grieta. Existen otros elementos que también influyen como son el espesor de la losa, soporte de la subrasante, magnitud y repeticiones de la carga así como la angulosidad de agregado grueso en particular.

Para mejorar la transferencia de cargas vivas como es la circulación de vehículos, equipos de carga, etc., se emplean también barras de acero liso, a las cuales se les conoce como pasajuntas, pasadores o barras de transferencia.

El tamaño y espaciamiento de las barras de transferencia –que se colocan en el centro de la profundidad de la losa– se muestran en la siguiente tabla.

Peralte de la losa, cm	Diámetro, pulg	Longitud total, cm	Espaciamiento centro a centro, cm
12.5	5/8"	30	30
15	3/4"	35	30
17.5	7/8"	35	30
20	1"	35	30
22.5	1 1/8"	40	30
20	1 1/4"	40	30

Cuando el método constructivo definido para la formación de las juntas de control es a través del corte o aserrado del concreto, su inicio estará en función del tiempo de fraguado del concreto. Debiéndose iniciar tan pronto tenga una dureza suficiente para evitar que las aristas del piso cortado se deterioren. Es común que el tiempo para que esto no ocurra, se presente generalmente entre 4 y 12 horas después del fraguado o endurecimiento del concreto. Es de suma importancia considerar que el corte o aserrado del concreto se debe terminar antes que los esfuerzos debidos a la contracción por secado se conviertan en lo suficientemente grandes para provocar el agrietamiento. El tiempo de fraguado y endurecimiento del concreto depende de factores como son el proporcionamiento de la mezcla, las condiciones ambientales y el tipo y dureza de los agregados. Existen hoy día nuevos equipos cuyas características hacen posible el aserrado en seco (no requieren de agua para el corte) posibilitando la realización del corte del concreto con la sierra poco tiempo después de las operaciones de acabado final.

Las juntas de contracción también pueden formarse en el concreto fresco mediante acanaladoras manuales o ranuradores, o con la colocación de tiras de madera, metal o material preformado. El tope de las tiras se debe nivelar con la superficie de concreto.

Las juntas de contracción, no importa el tipo que sean (aserradas, ranuradas o preformadas) deben tener una profundidad de por lo menos la cuarta parte del espesor de la losa y no menos de 25 mm (1 pulg). Se recomienda que si la transferencia de carga por el enlace del agregado es importante, la profundidad de la junta no exceda de un tercio del espesor de la losa.

El espaciamiento máximo en metros recomendado de las juntas de contracción se muestra a continuación:

Espesor de la losa, cm	Agregado de tamaño máximo menor que ¾" (20 mm)	Agregado de tamaño máximo igual o mayor que ¾" (20 mm)
10	2.40	3.00
12.5	3.00	4.00
15	3.60	4.50
17.5	4.20	5.50
20	4.80	6.00
22.5	5.50	7.00
25	6.00	7.60

Notas:
Espaciamientos apropiados para revenimiento del concreto entre 10 y 15 cm.
Si el concreto se enfría en una edad temprana, puede requerirse de un espaciamiento menor para el control del agrietamiento aleatorio. Resulta importante considerar que una diferencia de temperatura de sólo 6°C puede ser crítica.
Para revenimientos menores que 10 cm, el espaciamiento de las juntas se puede aumentar en 20%.
Cuando el espaciamiento es mayor de 4.5 m, la transferencia de carga por el enlace de los agregados disminuye notablemente.

El espaciamiento de las juntas en pisos sobre el terreno dependerá de:

- El espesor de la losa
- a contracción potencial del concreto
- La fricción con la subrasante
- El medio ambiente
- La presencia o ausencia de acero de refuerzo

El espaciamiento de las juntas se debe disminuir en concretos que potencialmente puedan tener alta contracción. Los tableros creados por las juntas de contracción deben ser aproximadamente cuadrados. Tableros con una relación longitud-ancho mayor de 1.5 a 1 son potencialmente propensos a agrietarse en un sitio intermedio. En el diseño del sistema de juntas, es importante tener siempre presente que las juntas de control o contracción deben finalizar en un borde libre o en una junta de aislamiento. Las juntas de contracción nunca deben terminar en otra junta de contracción, pues se

inducirá el agrietamiento de un extremo de la junta en el panel adyacente, efecto que es conocido como agrietamiento por simpatía.

En muros, las juntas de contracción también son planos de debilidad que permiten movimientos diferenciales en el plano del mismo. El espesor del muro en la junta de contracción se debe reducir un 25% (preferiblemente un 30%). En muros poco reforzados, la mitad de las barras de acero se deben cortar en las juntas (lo cual deberá ser validado por el estructurista). Se debe tener cuidado para cortar en la junta las barras alternadas. En los bordes de las aberturas en los muros, donde se ubiquen las juntas de contracción, debe proveerse un refuerzo adicional diagonal o vertical y horizontal, a fin de controlar la fisuración. Las juntas de contracción en los muros no se deben espaciar más de 6 metros. Debe considerarse asimismo que las juntas de contracción se ubiquen u ocurran cambios significativos del espesor o de la altura del muro y cerca de los bordes, si es posible, dentro de 3.0 a 4.50 m. Dependiendo del tipo de estructura, estas juntas pueden requerir ser selladas para prevenir el paso del agua a través del muro. En lugar del sellado, se puede usar banda de PVC (o ambos) para prevenir el escape del agua a través de las fisuras que ocurren en las juntas.

Juntas de Construcción

Las juntas de construcción son lugares de interrupción del proceso constructivo, bien sea de manera planeada o no.

Una adecuada junta de construcción debe programarse para unir el concreto nuevo al concreto existente y no debe permitir movimiento. Las barras de anclaje corrugadas se usan frecuentemente en juntas de construcción para restringir el movimiento. Como se necesita un cuidado especial para que se produzca una auténtica junta de construcción, se les diseña y construye para servir también como juntas de contracción o aislamiento. Por ejemplo, en un piso sobre el terreno, las juntas de construcción se alinean con las columnas y funcionan como juntas de contracción y, por lo tanto, se construyen intencionalmente sin adherencia. Se emplean aceites, desmoldantes y/o pinturas como materiales para evitar la adherencia de las juntas. En las losas gruesas y con cargas de trabajo elevadas, suelen usarse juntas de construcción con barras de transferencia no adheridas. En losas delgadas, es suficiente la junta plana (sin escarificación) a tope.

En la mayoría de las estructuras es deseable establecer juntas en los muros que no afecten la apariencia. Si se diseñan adecuadamente, las juntas en los muros pueden resultar discretas con características arquitectónicas.

En los muros, las juntas horizontales se deben formar de forma recta, perfectamente horizontales y se les debe ubicar en el sitio apropiado. Una junta de construcción horizontal y recta se puede producir clavando una tira de madera de ¾" ó 1". En la cara interior de la cimbra cerca de la parte superior se debe colar el concreto a un nivel un poco más alto al fondo de la tira.

Después que el concreto haya terminado su asentamiento lo cual ocurre generalmente en el momento en que el concreto torna duro, se debe remover cualquier exceso de lechada o mortero que se haya formado sobre la superficie. Enseguida, se puede remover la tira y se debe nivelar cualquier irregularidad en la junta. Enseguida se retiran las cimbras y se les coloca sobre la junta de construcción para efectuar el siguiente colado. Para prevenir cualquier fuga de mortero o lechada que pueda manchar el muro subyacente, se deben usar juntas donde las cimbras estén en contacto con el concreto endurecido previamente colado.

Una variación de este procedimiento es con el empleo de chaflanes o bien de tiras de madera en forma rectangular (incluso biseladas) de 1" en vez de la tira de madera, para formar una ranura en el concreto para efectos arquitectónicos. Si se usan chaflanes, la junta se debe hacer en el punto de la V. Si se usan las rectangulares o biseladas, lo recomendable es hacer la junta en el borde superior de la cara interior de la tira.

Relleno de Juntas de pisos

Existen 3 alternativas para tratar las juntas:

- Llenarlas
- Sellarlas
- Dejarlas abiertas (sin tratamiento)

El movimiento de las juntas de contracción en los pisos generalmente suele ser muy pequeño. Para ciertos usos comerciales e industriales, se pueden dejar las juntas sin rellenarlas o sin sellarlas.

El relleno de las juntas es necesario cuando los pisos se encuentran bajo condiciones de humedad, requisitos de higiene y control de polvo o tráfico considerable de vehículos pequeños con ruedas duras como son los montacargas.

La diferencia entre sellador y un relleno es la dureza del material; los rellenos son mucho más rígidos que los selladores y dan soporte en los bordes de la junta.

En muchos sitios donde el tráfico es ligero, materiales resilentes tales como los selladores elastoméricos de poliuretano resultan satisfactorios.

No obstante, áreas de tráfico pesado requieren soporte en los bordes de las juntas para prevenir que se despostillen en las juntas aserradas. En estos casos, se debe usar un epoxi semi rígido de buena calidad o un relleno de poliurea con una dureza Shore A-80 o D-50 conforme a la norma ASTM D 2240. El material debe aplicarse en toda la profundidad del corte aserrado y nivelado con la superficie del piso.

Las juntas de aislamiento tienen como finalidad absorber el movimiento y por lo tanto se deben usar selladores elastoméricos flexibles para mantener los materiales extraños fuera de las juntas.

Detección de algunos problemas del concreto

El concreto es un material que está expuesto en cada uno de sus procesos (desde su dosificación y fabricación, hasta su manejo, colocación y cuidado), a diferentes factores ambientales y de servicio y sujeto a diversas técnicas durante su colocación. Estas circunstancias no siempre son las más eficaces, adecuadas y correctas, por lo que el concreto es susceptible de reparaciones posteriores a su colocación para aumentar y mantener su expectativa de vida útil.

Una vez que se manifiestan o detectan los problemas o las situaciones que los pueden generar, se debe proceder a la identificación del daño y sus respectivas causas y a la selección y aplicación de la técnica correctiva más eficaz y económica.

A continuación se presentan los problemas más comunes del concreto, su definición y manifestación físicas.

Eflorescencia

Definición

Aparición de sales cristalinas (óxido de sodio, óxido de potasio y álcalis) sobre la superficie del concreto. Se presenta porque el agua de la mezcla, durante el proceso de evaporación y por el endurecimiento del concreto, se traslada desde el interior hasta la superficie, donde finalmente se disipa dejando las sales solidificadas incrustadas en la superficie.

Manifestación

Manchas de color blanco sobre la superficie de concreto que demeritan su apariencia. Estructuralmente no provoca daños.

Cavitación

Definición

Es la erosión o desgaste del concreto en estructuras y ductos que conducen y controlan el tránsito y el movimiento intenso de líquidos y se encuentran en contacto directo con estos.

Manifestación

Disminución del volumen del concreto superficial, pasando la superficie de manera regular para mantener un flujo laminar, a una superficie devastada que ocasiona un flujo turbulento.

Descostramiento

Definición

Oquedades, irregularidades y desprendimientos pequeños derivados de la excesiva adherencia del concreto con la cimbra por la aplicación deficiente del producto desmoldante o desencofrante. También se ocasiona por el inicio prematuro del terminado del concreto y el empleo de herramientas inadecuadas.

Manifestación

Superficie irregular, pedazos de cimbra incrustados y adheridos al concreto; oquedades y concreto desprendido.

Apanalamiento

Definición

Superficie irregular, rugosa, debida a la exposición directa de los agregados pétreos en ausencia de lechada. Es una concentración excesiva del agregado grueso originada por un vibrado deficiente durante el colado (segregación) o un proceso de vaciado inadecuado que provoca la separación del mortero y la grava.

Manifestación

El agregado grueso queda parcialmente expuesto y concentrado en ciertas partes de la superficie del concreto.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- El concreto se mide por volumen, considerando como unidad el metro cúbico (m^3).
- Los aditivos se medirán por volumen si son líquidos, con-siderando como unidad el litro (l) y por peso si son sólidos, considerando como unidad el kilogramo (kg).

Para mayor información sobre el uso y manejo de aditivos consultar directamente con el fabricante.

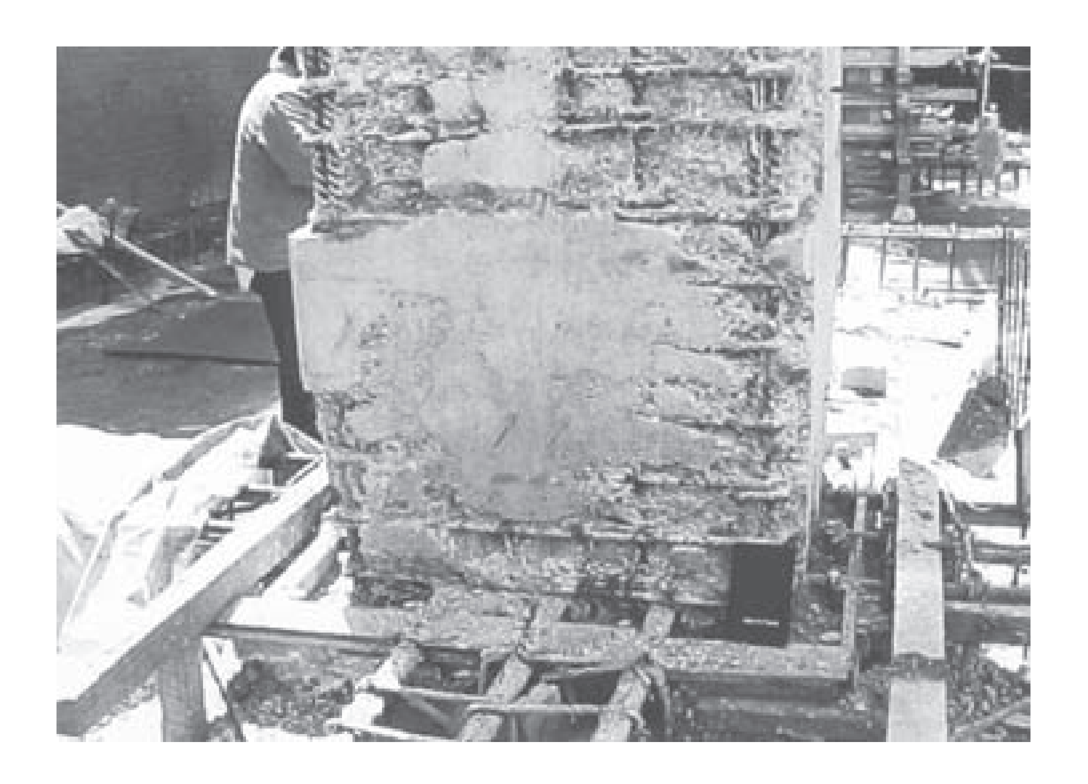


Foto 11
Apanalamiento causado por vibrado deficiente y segregación excesiva.



Cimentaciones

Definición y características

La cimentación de una edificación está integrada por elementos estructurales que forman la subestructura que sostiene y estabiliza a la superestructura y se coloca bajo el nivel del terreno natural.

Las cimentaciones pueden ser:

- Superficiales:
  - Zapatas aisladas.
  - Zapatas corridas.
  - Losas de cimentación.
- Profundas:
  - Cajones de cimentación.
  - Pilotes.

El objetivo de una cimentación es:

- Reducir o mantener el asentamiento total a una cantidad máxima aceptable.
- Evitar lo más posible el asentamiento diferencial entre las partes de una estructura.
- Estabilizar la estructura.

Para determinar el tipo y las características de diseño de una cimentación se requiere conocer la siguiente información:

- Tipo del terreno.
- Capacidad de carga.
- Peso total de la obra (cargas vivas y muertas) y cargas accidentales (viento y sismo).

Los dos primeros puntos se determinan mediante la realización de pruebas de carga o perforaciones de reconocimiento en el suelo.

Cimentaciones Superficiales

Son aquellas que se desplantan desde profundidades relativamente pequeñas. A los elementos estructurales que las constituyen se les denomina zapatas.

Zapata aislada

Generalmente se construye para recibir las cargas de la súperestructura a través de columnas .

Se diseñan para resistir los esfuerzos de flexión y cortante que provoca la reacción ascendente del suelo al cargar la estructura. Estructuralmente funcionan como voladizos invertidos, en dos direcciones perpendiculares y se pueden proyectar como vigas rectangulares.

Así mismo, es importante revisar el esfuerzo de penetración que genera la columna dentro de la zapata. Para diluir los esfuerzos entre los dos elementos (zapata y columna) se diseña un dado o pedestal.

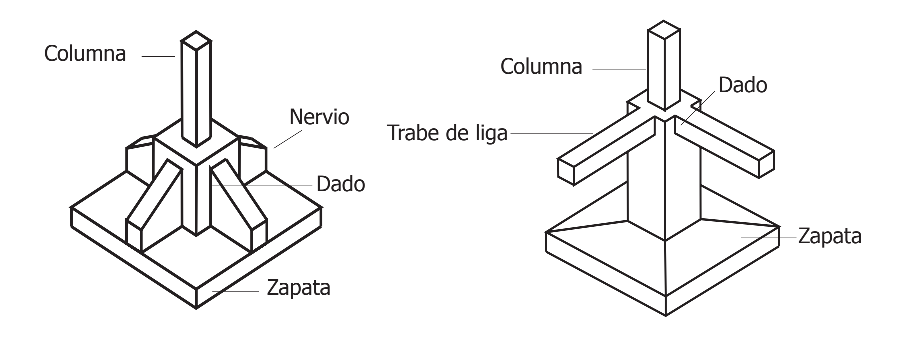
El refuerzo en este tipo de zapata consiste en dos series de varillas colocadas formando una cuadrícula y un ángulo recto entre sí, es decir, refuerzo en ambos sentidos.

Para diseñar una zapata aislada se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- **Capacidad de carga.** El total de las cargas vivas, muertas y accidentales presentes en la estructura que la columna transmite y el peso de la zapata no deben ser mayores a la capacidad de carga del terreno. El área total de desplante requerida para la zapata se determinará partiendo de esta base.

- **Asentamiento controlado.** Cuando el suelo sobre el que se desplanta la edificación es muy compresible se determinará el área de las zapatas para tener asentamientos uniformes en todas las columnas, en lugar de utilizar al máximo la capacidad de carga del terreno.
- **Dimensión de la columna.** Entre más robustos sean la columna y el dado, los esfuerzos cortantes y de flexión en la zapata serán menores; ya que disminuye la condición estructural de cantiliver o voladizo de la zapata desde las aristas de la columna.
- **Esfuerzos cortantes en el concreto.** Resistir este tipo de esfuerzos es el trabajo más crítico para el concreto, por el efecto de penetración. La zapata y aislada y el dado se diseñan en función del peralte necesario para contrarrestar este efecto, por arriba del requerido para absorber esfuerzos de flexión.
- **Esfuerzos de flexión.** Se considera el momento aplicado sobre las alas o voladizos de la zapata en las caras de la columna. En la figura 9 se pueden ver diferentes tipos de zapatas aisladas y sus características.

Figura 9 **Zapatas aisladas**



Las zapatas aisladas pueden conectarse estructuralmente entre sí, a través de trabes de liga. Estas soportarán los esfuerzos de flexión producidos por la reacción del terreno, además de funcionar como elementos rigidizantes y de liga de la subestructura.

Zapata corrida

Comúnmente se construye para recibir las cargas de la súperestructura por medio de los muros de carga de concreto o de algún tipo de mampostería (tabique rojo, block, piedra, etc.) y distribuyen la carga del muro en sentido horizontal y longitudinal para impedir el asentamiento excesivo y estabilizar a la estructura.

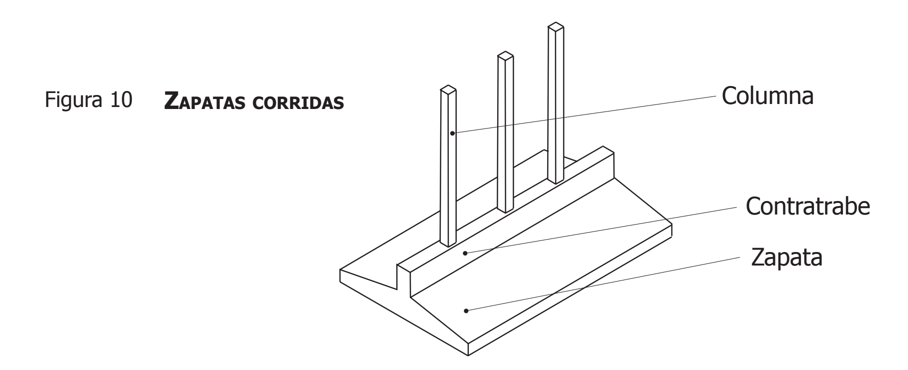
Se diseñan para resistir los esfuerzos de flexión y cortante que provoca la reacción ascendente del suelo al cargar la estructura.

Este elemento puede recibir cargas a través de columnas, siempre y cuando éstas se liguen con contratrabes.

Los puntos importantes que se deben considerar en el diseño son los mismos que se mencionaron para las zapatas aisladas.

Las zapatas corridas pueden construirse con piedra braza o concreto. En la figura 10 se pueden observar diferentes tipos de zapatas corridas y sus características.

Figura 10 **Zapatas corridas**



Losa de cimentación o losa corrida

Cuando la suma de las cargas vivas y muertas de la estructura es lo suficientemente grande y la capacidad de carga de terreno lo suficientemente reducida para requerir anchos de zapatas tales, que por sus dimensiones, el límite de una coincide con la frontera de la próxima zapata, formando una losa corrida, se le denomina losa de cimentación o losa corrida.

Ninguna de las partes de esta losa trabaja como cantiliver o voladizo sino como una losa invertida apoyada en contratrabes.

Entre más largos sean los claros, mayor será el peralte de la losa de cimentación.

El diseño de este tipo de losa de cimentación es similar al de una losa de entrepiso.

Este tipo de cimentación se utiliza comúnmente en la construcción masiva de viviendas por ser un procedimiento rápido y económico.

En la figura 11 se puede apreciar el esquema de una losa corrida y sus características.

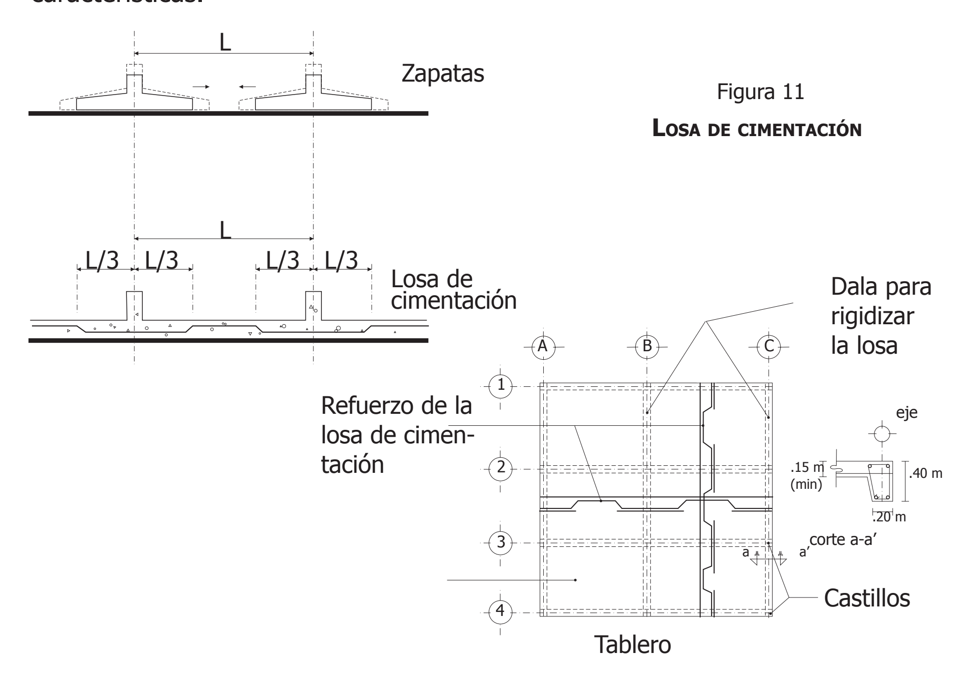


Figura 11

Losa de cimentación

Cuando las cargas de la subestructura y de la superestructura requieran que las zapatas corridas o aisladas cubran igual o más del 50% de la superficie de desplante, se considera aceptable y económico, optar por construir una losa de cimentación que cubra el 100% de esta superficie.

Cimentaciones profundas

Cuando las capas superficiales del suelo no son lo suficientemente resistentes para soportar el peso de la edificación, es necesario encontrar apoyo en capas con mayor y mejor resistencia en estratos más profundos. Hay varios tipos de cimentaciones profundas:

Cajón de cimentación

Es una subestructura rígida construida a base de concreto dentro de una excavación bajo el nivel del terreno natural y formada por una losa de cimentación, contratrabes y una losa tapa de cimentación.

Este sistema se implementa para soportar la edificación en una capa inferior a la superficial, que sea más resistente y se encuentre lo suficientemente consolidada por el peso del material de las capas superiores. El peso del cajón será sustituido por el de la edificación a medida que avance la obra.

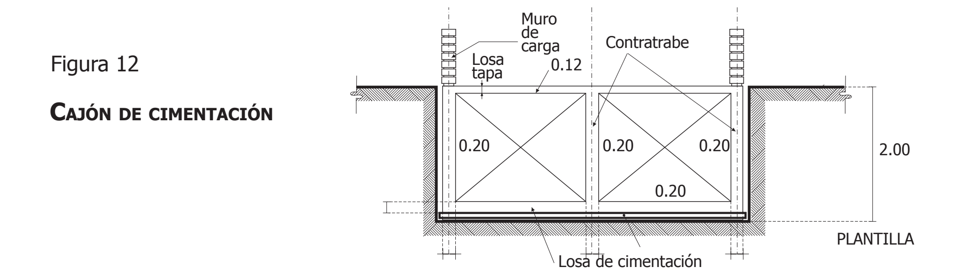
Se usa en construcciones cuyos suelos son de compresibilidad media, alta o muy alta.

El cajón de cimentación debe ser impermeable debido al contacto directo y constante del agua y la humedad subterráneas.

Este sistema permite contrarrestar el peso del edificio por el efecto de sustitución y el de flotación. A continuación, en la figura 12 se puede ver un esquema de un cajón de cimentación.

Figura 12

Cajón de cimentación



Pilotes

Son elementos esbeltos, similares a las columnas, que se hincan en el terreno por medio de equipo mecánico. Se fabrican de acero, madera o concreto.

Clasificación de los pilotes por su transmisión de cargas:

- De punta.
- De fricción.
- De control (pueden ser de punta o fricción).

Clasificación de los pilotes por su procedimiento constructivo o de colocación:

- Prefabricados o precolados.
- Colados en la perforación.
- Pilotes de punta.

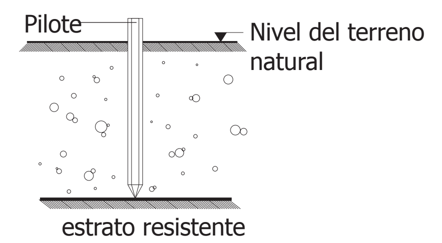
Pilotes de punta

Estos pilotes tienen la punta resistente y rígida para poder penetrar en el suelo, mantener la guía y el alineamiento y para apoyarse eficazmente en la capa subterránea resistente, sobre la que se descarga directamente el peso de la edificación completa, incluyendo el de los pilotes.

Su comportamiento estructural es similar al de una columna corta, ya que el confinamiento y la presión lateral que proporciona el terreno evita flambeos.

En este tipo de pilotes, el efecto de la fricción se desperdicia, ya que el apoyo fundamental se realiza sobre la punta y no a lo largo de la superficie del pilote. En la figura 13 se presentan las características de estos pilotes.

Figura 13 **Pilote de punta**



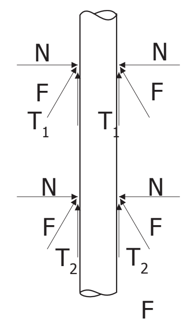
Pilotes de fricción

En ocasiones no es posible apoyar el pilote en un estrato resistente. En estos casos se aprovecha la fuerza de adherencia provocada por la fricción que se da sobre la superficie de contacto del pilote, debido al roce con el subsuelo.

La componente horizontal de la fuerza de fricción confina al pilote y la vertical lo sostiene. Por lo que la resistencia a la penetración aumenta con la longitud.

Figura 14

Pilote de fricción



N componente horizontal
$T_{1,2}$ componente vertical
F sustento del pilote

El pilote de fricción permite que la estructura se asiente simultáneamente con el asentamiento del subsuelo. En la figura 14 se aprecia el funcionamiento de un pilote de fricción.

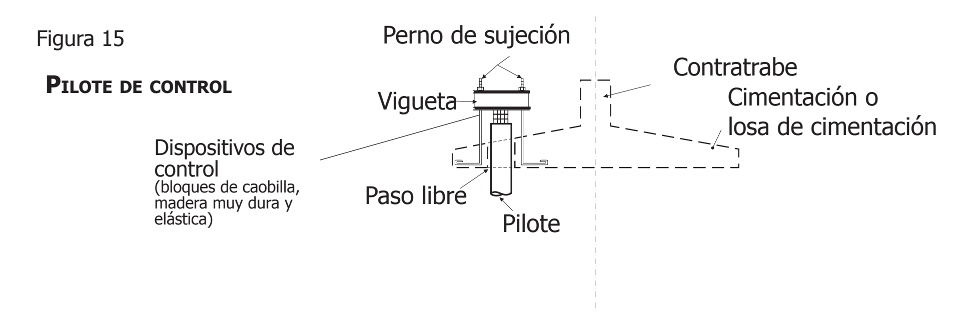
Pilotes de control

Estos pilotes pueden ser de punta o de fricción, complementados por un mecanismo que controla el asentamiento del suelo y de la estructura por hundimiento. Esto evita que el pilote y la edificación que sostiene emerja del nivel de terreno original y natural.

El mecanismo de control permite el hundimiento controlado y hace factible recortar el extremo superior del pilote que emerge. Así como controla y equilibra el asentamiento diferencial del edificio. En la figura 15 se puede observar un sistema de pilotes de control.

Figura 15

Pilote de control



Recomendaciones para la construcción de zapatas y losas de cimentación de concreto

- El fondo y los taludes de la excavación que alojan a la cimentación deben compactarse y afinarse antes de la colocación de la plantilla.
- La plantilla se coloca con el fin de evitar la contaminación del concreto, que el suelo absorba humedad y facilitar las actividades de trazo y nivelación. La plantilla puede fabricarse a base de concreto de baja resistencia (f’c no menor a 100 kg/cm^2) o pedacería de piedras o tabique apisonados. La plantilla debe tener un espesor mínimo de 5 cm.
- Para evitar la absorción de la humedad desde la cimentación hacia los muros es conveniente impermeabilizar la corona o parte superior de las zapatas o contratrabes, sobre las que se desplantan los muros.

- La impermeabilización se hace a base de una membrana impermeable impregnada con emulsión asfáltica colocada en forma envolvente sobre el desplante de los muros.
- Los códigos de construcción establecen que las dimensiones de las zapatas indicadas en el proyecto estructural no podrán variar en más de 1 cm.
- El peralte mínimo de la losa de una zapata no debe ser menor a 15 cm.
- Es conveniente procurar 5 cm de recubrimiento de concreto para la protección del acero.
- Es conveniente el uso de un impermeabilizante integral en el concreto de las zapatas.

Alcances y criterios de medición y cuantificación para zapatas y losas de cimentación de concreto

Se analizan por separado las tres actividades principales. Los trabajos de cimbra y descimbra se cuantifican en función de la superficie de contacto de la cimbra con el concreto, por metro cuadrado (m^2). El acero se cuantifica por tonelada (ton) y el concreto por metro cúbico (m^3).

Recomendaciones para la construcción de zapatas de piedra

- Los bloques de piedra no deben ser porosos y deben tener alguna cara plana para facilitar su colocación.
- Para el mejor funcionamiento de este tipo de zapata, las piedras de mayor tamaño deben colocarse en la parte inferior del cuerpo de la misma.
- Las piedras deben humedecerse antes de ser colocadas para evitar que la absorción de éstas disminuya la cantidad de agua necesaria y la adquisición de resistencia de la mezcla de junteo (mortero cemento-arena).
- Los huecos o espacios que se forman al colocar la piedra deben llenarse con mortero. No es aceptable una junta mayor a 5 cm, ni menor a 2 cm de espesor.

- Cuidar que el volumen total de la mezcla de junteo no exceda el 20% del volumen de la cimentación en su conjunto.
- Debe cuidarse que los bloques de piedra se enlacen entre sí, a modo de cuatrapeo, a fin de garantizar una liga entre todos los componentes de la cimentación.
- Debe evitarse la colocación de rajuelas o piedras planas, así como la de calzas entre las piedras. Cada piedra debe asentar en otra y estar debidamente junteadas por la mezcla.

Alcances y criterios de medición y cuantificación de zapatas de piedra

Las cimentaciones de este tipo se miden y cuantifican por volumen, convencionalmente en metros cúbicos (m^3).

Recomendaciones para la construcción de cajones de cimentación

- En este caso también son aplicables las recomendaciones señaladas para las zapatas y losas de cimentación de concreto.
- Con el fin de inspeccionar el estado de las celdas que forman el cajón es conveniente construir registros de acceso de 60 x 60 cm mínimo sobre la losa tapa del sistema de cimentación.
- En ocasiones el desplante de este tipo de cimentación es más profundo que el nivel freático, por lo cual es importante contar con elementos de control, como:
    - **Piezómetros.** Registran el esfuerzo efectivo de sobrecarga que está relacionado directamente con la profundidad del agua y con el peso unitario del material de la capa del subsuelo sobre el que se desplanta. Durante la excavación y la construcción es importante vigilar las tendencias y el comportamiento del suelo.
    - **Bancos de nivel.** Sirven para registrar los asentamientos y ubicar los pozos y cárcamos de bombeo en lugares donde no compliquen el proceso de construcción.
- El proceso de excavación y tratamiento de taludes debe plantearse y ejecutarse de acuerdo a lo señalado en el estudio de mecánica de suelos.

- En ocasiones y según el análisis de cargas de la estructura, los cajones se lastran para compensar el peso de la tierra o suelo que se retiró. Conforme avanza la construcción, la estructura va adquiriendo peso, por lo que simultáneamente a ese proceso se retira el lastre colocado, de tal forma que desde que el cajón de cimentación se lastra hasta que se concluye la obra, el suelo recibe la misma carga.
- Las juntas de colindancia en la cimentación, entre el talud y el cajón, se rellenan con tepetate compactado al 95% según la prueba Proctor.
- Es recomendable el uso del Relleno Fluido Holcim Apasco (ver Apéndice 5) para las colindancias, ya que su fluidez permite ocupar todos los huecos y así la estrechez de la junta de colindancia no es impedimento para rellenarlo de forma eficiente.

Alcances y criterios de medición y cuantificación de cajones de cimentación

Se analizan por separado las tres actividades principales. Los trabajos de cimbrado y descimbrado se cuantifican en función de la superficie de contacto de la cimbra con el concreto, por metro cuadrado (m^2). El acero se cuantifica por tonelada (ton) y el concreto por metro cúbico (m^3).

Recomendaciones para la construcción y fabricación de pilotes prefabricados o precolados

- Debe existir un proyecto estructural y de ubicación de los pilotes en la cimentación, que especifique características tales como: forma, dimensiones, refuerzo y resistencia.
- El recubrimiento de concreto no será menor a 5 cm.
- Cuando se utilicen accesorios como juntas, puntas, etc., su utilización y características deberán estar especificadas en el proyecto.
- En algunos casos específicos, los pilotes precolados deben fabricarse con un ducto central vacío o hueco a lo largo de la longitud total del pilote, cuyo diámetro debe estar especificado en el proyecto y ser suficientemente amplio para verificar, una vez hincado, la profundidad y la verticalidad o inclinación.
- Se deben perfilar las aristas de los pilotes mediante el uso del chaflán de madera en la cimbra.

- El acero de refuerzo debe estar presente en forma longitudinal y transversal (estribos), ya sea de manera convencional o helicoidal continua.
- Los pilotes deben colarse en forma monolítica, aplicando un proceso adecuado de vibrado por inmersión o de forma.
- Vigilar que el proceso de curado sea oportuno y eficiente. Es muy recomendable el uso de membranas de curado, aunque el curado húmedo es más eficaz.
- Durante el proceso de fabricación de los pilotes no es aceptable la presencia de juntas frías.
- En cuanto a la unión de tramos de pilotes para alcanzar mayor profundidad, debe hacerse mediante placas metálicas colocadas en forma perpendicular al eje longitudinal del pilote. Las placas en ambos extremos deben tener anclas ahogadas en el concreto y estar perfectamente asentadas en éste. Se unirán los tramos del pilote mediante la aplicación de soldadura.
- Debe tenerse especial cuidado en el manejo del pilote durante el descimbrado, almacenamiento y transporte. Evitar daños por esfuerzos excesivos de flexión, golpes, vibraciones, etc., ya que los pilotes se fabrican en posición horizontal.
- Los pilotes deben levantarse y elevarse por medio de sujetadores metálicos circulares anclados al concreto y en no menos de dos puntos de sujeción. Es preferible colocar los puntos de sujeción a un quinto (1/5) de la longitud desde cada uno de los extremos del pilote. Cuidar que estos puntos no tengan una separación mayor a los 6 m.
- En algunos proyectos de fabricación de pilotes se especifica la colocación de ductos de 1/2" de diámetro a través de la sección transversal del pilote, a fin de sustituir los sujetadores metálicos, ya que estos últimos, al quedar inmersos y en contacto directo con el suelo propician la corrosión del acero al interior del pilote.
- Si los pilotes, una vez colados, presentan defectos (oquedades, porosidades, etc.) y entonces haya duda de su calidad y resistencia, queda a juicio de la autoridad técnica de la obra no utilizarlos, a menos que se demuestre lo contrario.
- Una vez colado el pilote se podrá retirar la cimbra después de 24 horas. A menos que por alguna circunstancia sea preferible no hacerlo, como en baja temperatura, durante el descimbrado se debe evitar

mover o retirar los apoyos del pilote, a fin de no deformarlo o alterar sus condiciones de resistencia.

Recomendaciones para el hincado de pilotes prefabricados o precolados

- Los pilotes se hincan con martinetes de caída libre o de doble acción.
- Durante el proceso de hincado debe protegerse del golpe directo el extremo superior del pilote a fin de evitar fracturas y sobre esfuerzos al concreto.
- Se colocan guías a base de tirantes o brazos rígidos que proporcionan apoyo lateral y permiten a la vez el movimiento del equipo de hincado.
- En ocasiones se realiza una perforación en el terreno, antes de hincar los pilotes para que funcione como guía. El estudio del terreno determinará la profundidad y la dimensión de esta perforación.
- Los pilotes de punta que hayan alcanzado la capa resistente se seguirán hincando hasta que se registre el rebote del martillo de la piloteadora, de acuerdo con las características del equipo y de los materiales amortiguadores.
- Los extremos superiores sobrantes de cada pilote se recortan al nivel fijado en el proyecto. Deberá cuidarse de no dañar al concreto y al acero que se encuentre por debajo del nivel del recorte.
- En cada pilote se debe controlar el proceso de perforación e hincado, registrando el número de impactos o golpes por metro de pilote desplazado o enterrado.
- Cuando a pesar de los cuidados, debido al proceso de hincado se forman grietas en los pilotes tales como astilladuras o hay evidencia de deformaciones considerables en el acero de refuerzo, podrán ser cortados por debajo de la grieta hasta la parte no dañada y construir un aumento o tramo adicional para completar el pilote.
- Si se forman grietas por las mismas circunstancias anteriores, pero no se presentan deformaciones considerables en el acero de refuerzo, se puede aplicar un aditivo epóxico y adhesivo adecuado para evitar la exposición directa del acero.

- Cuando se hinquen pilotes de sección transversal rectangular debe respetarse la orientación de los lados. Esta consideración debe estar indicada claramente en el proyecto.

RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE PILOTES

- La diferencia de las dimensiones de la sección transversal real y la de proyecto no debe ser mayor a 1 cm.
- La posición del acero de refuerzo no debe ser diferente por más de 1 cm que la fijada en el proyecto.
- La ubicación del pilote después del hincado no debe ser diferente a la de proyecto por más de 10 cm.
- La inclinación máxima permisible de un pilote de punta con respecto a la vertical o a la inclinación de proyecto no debe ser mayor a 3°. Para pilotes de fricción la inclinación máxima es de 6°.
- No es aceptable que dos o más pilotes, ya sean de fricción o de punta, hagan contacto entre sí.
- No es aceptable la colocación de pilotes cuando la distancia entre los ejes longitudinales sea menor a tres veces el diámetro de éstos, medida en la parte superior.

ALCANCES Y CRITERIOS DE MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PILOTES PREFABRICADOS O PRECOLADOS

- Se considera el metro lineal (m) y de acuerdo a las siguientes etapas: pilote fabricado, pilote hincado, o por pilote fabricado e hincado. En los dos últimos alcances la medición debe hacerse desde la punta del pilote hasta el nivel de corte, en su caso, por el ajuste y la adaptación del apoyo para la cimentación.

RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PILAS COLADAS EN LA PERFORACIÓN

En algunas obras se implementa el uso de pilas que se cuelan o se fabrican dentro de una perforación que se hace en el terreno con la profundidad y la sección transversal especificadas en el proyecto.

- Una vez hecha la perforación, se introduce un tubo de acero que funciona como forro, cuyas características deben estar especificadas en el proyecto.



Foto 12
Proceso de hincado de pilotes. Cortesía de PIMOSA, SA de CV.

- Se debe cuidar que el forro sea hermético. El tubo puede tener forma cilíndrica o de cono truncado.
- El diámetro del extremo más profundo no debe ser menor de 20 cm.
- El forro debe contar en su extremo más profundo con un tapón que evite la entrada de agua o de cualquier otra materia inconveniente; igualmente y por el mismo motivo, mientras no se efectúe el colado, el extremo superior del tubo debe estar tapado.
- El colado de una pila de este tipo debe ser monolítico.
- Para vaciar el concreto es preferible hacerlo por medio de una manguera que depositará el concreto desde la parte más profunda hacia arriba. Esta práctica evita que al dejar caer el concreto desde una gran altura se segregue.
- La fabricación de pilas por este método exige, al igual que los demás, de procesos de vibrado eficaces.
- El procedimiento más empleado para este tipo de construcción bajo agua es el Sistema Tremie.

Alcances y criterios de medición y cuantificación de pilas coladas en la perforación

Se considera el metro lineal (m) y de acuerdo a las siguientes etapas: perforación, pilote fabricado (armado y colado), o por perforación y pilote fabricado (armado y colado). En los dos últimos alcances la medición debe hacerse desde la punta del pilote hasta el nivel de corte, en su caso, por el ajuste y la adaptación del apoyo para la cimentación.



Albañilería

Definición y características

Se denomina albañilería al conjunto de actividades que por su funcionamiento se consideran estructurales, no estructurales, semiestructurales y arquitectónicas. Son trabajos que detallan a la estructura y que sirven de base para los acabados finales de la edificación. Para efectos de este manual se consideran los siguientes trabajos dentro de la partida de albañilería:

- Muros
    - Muros de tabique rojo recocido (de arcilla).
    - Muros de block hueco refractario y esmaltado (de arcilla).
    - Muros de block hueco o sólido (de concreto).
    - Muros de piedra natural.
    - Muros de panel de poliuretano y poliestireno reforzado con malla metálica.
- Castillos y cadenas.
- Pisos de concreto.
- Aplanados y emboquillados de mortero en muros y plafones.
- Azoteas.
    - Pretiles.
    - Relleno de tezontle.
    - Entortado.

- Enladrillado.
- Chaflanes.

- Drenajes.
- Registros sanitarios y eléctricos.
- Pozos de visita.

MUROS

DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Son elementos estructurales, semiestructurales o arquitectónicos construidos a base de diferentes materiales como piedra, tabique rojo recocido, block hueco refractario, block hueco o sólido de concreto, concreto, tabicón, entre otros, que se juntean y pegan con una mezcla de Mortero Maestro HOLCIM APASCO-arena. Sus funciones en una edificación pueden ser las de carga, decoración, aislamiento o separación.

Los muros se clasifican:

- Por su trabajo mecánico:
  - **Muros de carga.** Reciben y soportan las cargas de la estructura y la transmiten a la cimentación, mediante esfuerzos de compresión.
  - **Muros divisorios.** Estos elementos sólo separan los espacios sin recibir carga alguna más que su propio peso y los aíslan de ruidos, calor, frío, humedad, etc.
  - **Muros de contención o retención.** Soportan empujes horizontales y laterales y están expuestos a esfuerzos de flexión.
  - **Muros decorativos.** Son muros que reciben un acabado especial y se diseñan con fines estéticos y arquitectónicos.

- Por su ubicación:
  - Muros interiores.
  - Muros exteriores.

Muros de tabique rojo recocido (de arcilla)

Características

Tabique fabricado en bloques de 6 x 12 x 24 cm con arcilla moldeada y horneada, junteados con una mezcla de Mortero Maestro Holcim Apasco-arena o cemento Holcim Apasco-arena en proporciones desde 1:3 hasta 1:4 (ver Capítulo 6).

Recomendaciones

- Previo a su colocación, los tabiques deben saturarse de agua ya sea por inmersión o por humedecimiento constante, a fin de evitar la pérdida de la humedad de la mezcla. La misma práctica se aplicará en el desplante respectivo.
- A menos que se indique alguna especificación especial en la distribución o acomodo de los tabiques, éstos se deben colocar en forma horizontal y por hiladas formando un cuatrapeo entre las piezas.
- En la esquina o unión de dos muros donde no se especifique la colocación de castillos, las hiladas deben colocarse en forma cruzada a fin de garantizar el amarre entre los dos tramos de muro.
- Algunos reglamentos de construcción limitan la altura de los muros de este tipo a 2 m máximo, a menos que se implemente la construcción de amarres verticales adyacentes (castillos).
- Los muros de este tipo deben rigidizarse mediante la construcción de elementos verticales y horizontales de concreto reforzado, a cierta distancia y altura. Esto estará definido en el proyecto estructural del muro.
- En muros de carga que alojen tuberías de instalaciones, se debe cuidar que la profundidad máxima de las ranuras no sea mayor a 5 cm. Los cortes de estas ranuras deben realizarse con sierra de disco y el retiro del material de la ranura se hará con herramientas de mano. Las ranuras se rellenarán con Mortero Maestro Holcim Apasco-arena 1:4.
- Se debe evitar al máximo la formación de ranuras horizontales en la colocación de tuberías, pues puede afectar la estabilidad y capacidad de carga del muro en su conjunto.

- Se debe impermeabilizar debidamente el desplante de los muros,siendo esto especialmente indispensable en lugares en donde el nivel freático se encuentra cerca o a ras del suelo (como en ciudades costeras), a fin de evitar la ascención por capilaridad de humedad y sales disueltas a causa de la absorción de los muros.
- Desde el desplante del muro hasta su terminación debe revisarse que se construya de manera vertical y que las hiladas sean horizontales. Las juntas verticales se colocarán a plomo y las juntas horizontales a nivel (ver figuras 16 y 17).

Figura 16
Muros construidos a plomo

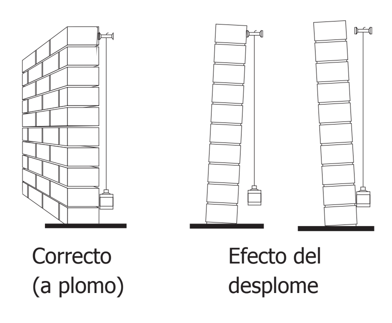
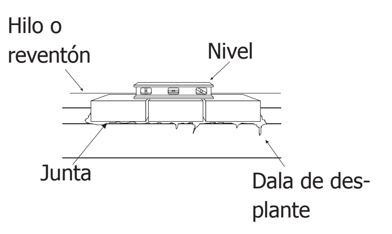


Figura 17
Muros construidos a nivel



- Para muros cuya especificación sea de acabado aparente se aceptan las siguientes tolerancias:
  - La diferencia máxima aceptable entre el alineamiento horizontal real y el alineamiento horizontal de proyecto de los muros es de 1 cm.
  - Se aceptan desplomes máximos de 1/300 de la altura de muros de hasta 60 cm. Para muros más altos esta tolerancia no debe exceder los 2 cm.
  - No es aceptable que los tabiques sobresalgan más de 2 mm la vertical del paño del muro por ambos lados.
  - El desnivel aceptable en la colocación de hiladas de tabique es de 2 mm por cada metro lineal, para mu-

ros desde 0 a 10 m. Para muros de mayor longitud, el desnivel no debe ser mayor a 2 cm.

- El espesor de las juntas debe estar especificado claramente en el proyecto y su aplicación real no debe exceder +/- 4 mm con respecto al espesor de diseño.

- Para muros cuya especificación sea de acabado común se aceptan las siguientes tolerancias:
  - La diferencia máxima aceptable entre el alineamiento horizontal real y el alineamiento horizontal del proyecto de los muros es de 1 cm.
  - Se aceptan desplomes máximos de 1/300 de la altura de muros de hasta 60 cm. Para muros más altos, esta tolerancia no debe exceder los 2 cm.
  - No es aceptable que los tabiques sobresalgan más de 2 mm la vertical del paño del muro por ambos lados.
  - El desnivel aceptable para la colocación de hiladas de tabique es de 3 mm por cada metro lineal, para muros desde 0 a 10 m. Para muros de mayor longitud, el desnivel no debe ser mayor a 3 cm.
  - El espesor de las juntas, tanto verticales como horizontales, no debe ser mayor a 1.5 cm ni menor a 0.5 cm.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

Los muros se miden por superficie, convencionalmente expresada en metros cuadrados (m^2). No debe considerarse las superficies que ocupan las caras visibles de los elementos de concreto semiestructurales (cadenas y castillos).

Referencias

Para mayor información y complementación sobre este tema se sugiere consultar las siguientes normas mexicanas:

NMX-C-038-ONNCCE-2004 Determinación de las dimensiones de ladrillos y bloques para la construcción.

NMX-C-294-1980	Determinación de las características del quemado superficial de los materiales de construcción.

Muros de block hueco refractario (de arcilla)

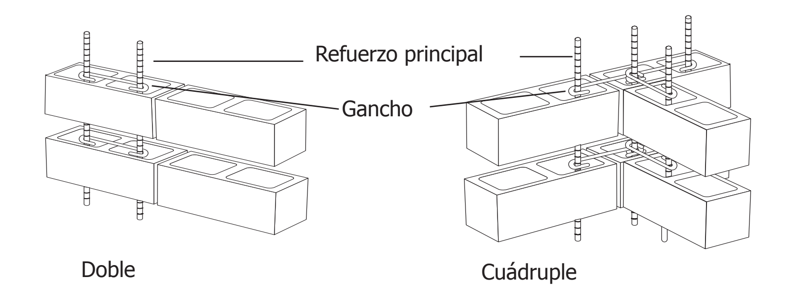
Características

Tabique fabricado en bloques huecos de 10x12x20 cm con arcilla horneada y acabado vidrado, junteados con una mezcla de Mortero Maestro Holcim Apasco-arena con proporciones desde 1:2 a 1:3 (ver Capítulo 6).

Recomendaciones

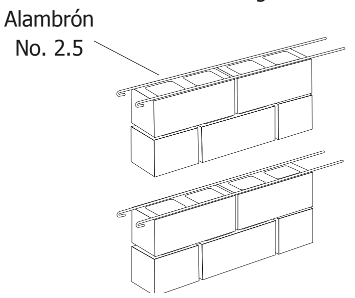
- Para fines prácticos, las recomendaciones señaladas para los muros de tabique recocido, también son aplicables para este tipo de muro; se mencionan a continuación otras aplicaciones más específicas.
- Para evitar desplazamientos horizontales y rigidizar verticalmente la estructuración del muro, los bloques huecos deben anclarse a la losa sobre la que se desplanta éste, mediante la construcción de un castillo de concreto en el muro reforzado con una varilla del no. 3 (3/8”) anclada en el concreto de la misma losa, a través de los huecos de los bloques y hasta la altura total del muro. La distribución, densidad y cantidad de este tipo de castillos debe indicarse en el proyecto. Comúnmente se colocan con una separación de 90 cm y pueden disponerse estructuralmente dos juntos (dobles), tres (triples) y cuatro (cuádruples), lo cual se puede apreciar en la figura 18.

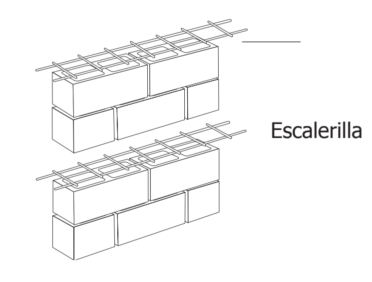
Figura 18 **Castillos ahogados**



- Se debe implementar un refuerzo horizontal metálico llamado escalerilla, colocado inmerso en la mezcla del junteo horizontal en cada 3 hiladas o según lo especificado en el proyecto. Los extremos de la escalerilla o refuerzo metálico horizontal deben ahogarse en los castillos de los extremos de cada bloque de muro. Este refuerzo absorbe los esfuerzos ocasionados por las contracciones y expansiones de los bloques (ver figura 19).

Figura 19 **Refuerzo horizontal**





- Las tuberías de las instalaciones deben estar dentro de las celdas de los bloques con el fin de evitar ranurar este tipo de muro.
- El tamaño del corte para alojar las cajas metálicas que contienen equipo o accesorios eléctricos debe ser exacto, a fin de no deteriorar el terminado aparente del muro. Los cortes se harán con sierra eléctrica y el vaciado con herramientas de mano.
- Para muros cuya especificación sea acabado aparente se aceptan las siguientes tolerancias:
    - La diferencia máxima aceptable entre el alineamiento horizontal real y el alineamiento horizontal de proyecto de los muros es de 1 cm.
    - Se aceptan desplomes máximos de 1/300 de la altura de muros de hasta 60 cm. Para muros más altos esta tolerancia no debe exceder los 2 cm.
    - No es aceptable que los bloques sobresalgan en más de 1 mm la vertical del paño del muro por ambos lados.
    - El desnivel aceptable en la colocación de hiladas de block es de 2 mm por cada metro lineal, para mu-

ros desde 0 a 10 m. Para muros de mayor longitud el desnivel no debe ser mayor a 1 cm.

- El espesor de las juntas debe estar especificado claramente en el proyecto y su aplicación real no debe exceder los +/- 2 mm con respecto al espesor de diseño.

- Para muros cuya especificación sea acabado común se aceptan las siguientes tolerancias:

  - La diferencia máxima aceptable entre el alineamiento horizontal real y el alineamiento horizontal de proyecto de los muros es de 1 cm.
  - Se aceptan desplomes máximos de 1/300 de la altura de muros de hasta 60 cm. Para muros más altos esta tolerancia no debe exceder los 2 cm.
  - No es aceptable que los bloques sobresalgan en más de 2 mm la vertical del paño del muro por ambos lados.
  - El desnivel aceptable en la colocación de hiladas de block es de 2 mm por cada metro lineal, para muros desde 0 a 10 m. Para muros de mayor longitud el desnivel no debe ser mayor a 2 cm.
  - El espesor de las juntas debe estar especificado claramente en el proyecto y su aplicación real no debe exceder los +/- 2 mm con respecto al espesor de diseño.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Los muros se miden por superficie, convencionalmente expresada en metros cuadrados (m^2). No debe considerarse las superficies que ocupan las caras visibles de los elementos de concreto semiestructurales (cadenas y castillos).

- Los castillos ahogados pueden considerarse en forma separada o incluirse dentro de los alcances de la construcción del muro; en este caso será importante tener definidas características como: acero, concreto y separación.

Referencias

Para mayor información y complementación sobre este tema se sugiere consultar las siguientes normas mexicanas:

NMX-C-038-ONNCCE-2004	Determinación de las dimensiones de ladrillos y bloques para la construcción.
NMX-C-082-1974	Determinación del esfuerzo de adherencia de los ladrillos cerámicos y el mortero de las juntas.

Muros de block hueco o sólido (de concreto)

Características

Bloques sólidos o huecos fabricados a base de una mezcla determinada de agregado fino, grueso, cemento y agua. En la tabla 42 se muestran las diferentes resistencias de los bloques en función de sus características de fabricación.

Estos bloques se juntean con una mezcla de Mortero Maestro Holcim Apasco-arena o cemento Holcim Apasco-arena en proporciones desde 1:3 hasta 1:6 (ver Capítulo 6).

Tabla 42

Resistencia a la compresión por tipo de block de concreto

	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	
TIPO	**HUECO**	**SÓLIDO**
pesado	60	100
mediano	40	70
ligero	23	40

Recomendaciones

- Con la salvedad de los bloques ligeros, estos bloques no deben humedecerse antes de entrar en contacto con la mezcla de junteo,

ya que por su proceso de fabricación y componentes, es posible que presenten efectos de contracción y expansión debidos a la humedad.

- Para fines prácticos, las recomendaciones señaladas para el muro de block hueco refractario, también son aplicables para éste, excepto la que se contrapone a la recomendación inmediata anterior.
- Para muros cuya especificación sea de acabado aparente se aceptan las siguientes tolerancias:
  - La diferencia máxima aceptable entre el alineamiento horizontal real y el alineamiento horizontal de proyecto de los muros es de 1 cm.
  - Se aceptan desplomes máximos de 1/300 de la altura de muros de hasta 60 cm. Para muros más altos esta tolerancia no debe exceder los 2 cm.
  - No es aceptable que los bloques sobresalgan en más de 2 mm la vertical del paño del muro por ambos lados.
  - El desnivel aceptable en la colocación de hiladas de block es de 2 mm por cada metro lineal, para muros desde 0 a 10 m. Para muros de mayor longitud el desnivel no debe ser mayor a 2 cm.
  - El espesor de las juntas debe ser especificado claramente en el proyecto y su aplicación real no debe exceder los +/-2 mm con respecto al espesor de diseño.
- Para muros cuya especificación sea acabado común se aceptan las siguientes tolerancias:
  - La diferencia máxima aceptable entre el alineamiento horizontal real y el alineamiento horizontal de proyecto de los muros es de 1 cm.
  - Se aceptan desplomes máximos de 1/300 de la altura de muros de hasta 60 cm. Para muros más altos esta tolerancia no debe exceder los 2 cm.
  - No es aceptable que los bloques sobresalgan más de 2 mm la vertical del paño del muro por ambos lados.

- El desnivel aceptable en la colocación de hiladas de block es de 2 mm por cada metro lineal, para muros desde 0 a 10 m. Para muros de mayor longitud el desnivel no debe ser mayor a 2 cm.
- El espesor de las juntas debe estar especificado claramente en el proyecto y su aplicación real no debe ser mayor a 1 cm ni menor a 0.5 cm.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

Los muros se miden por superficie, convencionalmente expresada en metros cuadrados (m^2). No debe considerarse las superficies que ocupan las caras visibles de los elementos de concreto semi-estructurales (cadenas y castillos). Los castillos ahogados pueden considerarse en forma separada o incluirlos dentro de los alcances de la construcción del muro; en este caso es importante tener definidas características como: acero, concreto y separación.

Referencias

Para mayor información y complementación sobre este tema se sugiere consultar las siguientes normas mexicanas:

NMX-C-024-1974	Determinación de la contracción por secado de los bloques, ladrillos, tabiques y tabicones de concreto.
NMX-C-036-ONNCCE-2004	Ladrillos, bloques y adoquines de concreto. Resistencia a la compresión. Método de prueba.
NMX-C-037-ONNCCE-2004	Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones de concreto. Determinación de la absorción del agua.
NMX-C-038-ONNCCE-2004	Determinación de las dimensiones de ladrillos y bloques para la construcción.

Muros de piedra natural

Características

Son elementos fabricados con fines estructurales o arquitectónicos a base de bloques de piedra junteados o pegados con mezcla de Mortero Maestro Holcim Apasco-arena en proporción 1:4 a 1:5.

Las especificaciónes de construcción pueden ser con acabado aparente o con acabado común.

Recomendaciones

- Los bloques de mayor tamaño deben colocarse en la base del muro.
- Humedecer los bloques de piedra antes de colocarlos a fin de no restar agua a la mezcla de junteo durante el fraguado.
- Si durante el procedimiento constructivo del muro se detectan bloques de piedra con junteo falso, desprendibles o mal asentados, deben retirarse así como la mezcla de junteo, después con nueva mezcla se recolocará el mismo elemento cuidando su fijación y asentado eficiente.
- Tomar en cuenta el paso de instalaciones a través del muro a fin de dejar cavidades para tal efecto y evitar la alteración posterior del elemento.
- Evitar al máximo posible el uso de rajuelas o lajas del mismo material.
- Evitar la colocación de calzas o apoyos de cualquier tamaño entre los bloques de piedra.
- Cuando se tengan muros con cambio de dirección se deberán cuatrapear o traslapar los bloques de piedra amarrando las juntas verticales del elemento.
- Es conveniente curar durante tres días el muro construido.

Tolerancias

- No es aceptable que las caras visibles de los bloques de piedra sobresalgan más de 2 cm de la vertical del paño del muro por ambos lados.



Foto 13
Junteado y pegado de block hueco de cemento.

- Las juntas entre los bloques de piedra no deben ser mayores a 5 cm ni menores a 2 cm de espesor.
- El volumen de la mezcla de junteo no debe representar más del 20% del volumen del conjunto incluyendo la piedra colocada.
- El espesor mínimo de muro es de 30 cm.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

Los muros se miden por unidad de volumen, convencionalmente expresada en metros cúbicos (m^3).

Muros de panel de poliuretano y poliestireno reforzado con malla metálica

Definición y características

Es un sistema estructural tridimensional prefabricado a base de páneles modulares formados por una malla de alambre de acero pulido (o galvanizado) de bajo carbono, calibre 14 y fy=5000 kg/cm^2 que cubre un panel interior de espuma rígida de poliuretano base agua o poliestireno expandido. Las dos caras se recubren con mezcla fabricada con Mortero Maestro Holcim Apasco en proporción 1:3 o 1:4, formando un bloque sólido y resistente.

Dichos paneles se utilizan en la construcción de muros y losas estructurales de carga y muros divisorios. Los páneles se fabrican en módulos de 2.44 m x 1.22 m y con espesores del núcleo de 2”, 3” y 4”.

Los elementos construidos con estos páneles resisten esfuerzos de compresión, flexión, cortante, flexocompresión y torsión, originados por cargas por gravedad (cargas vivas y muertas) y accidentales (viento y sismo).

Se puede usar para la construcción de edificaciones de uno a tres niveles, ya sea habitacional, comercial o industrial; previa asesoría del fabricante. Es posible utilizar estos páneles para la construcción de losas inclinadas y horizontales, pero es conveniente que se consideren las recomendaciones y especificaciones directamente con el fabricante, ya que estos productos son de fabricación y uso especial.

Ventajas y beneficios

- Se logra una capacidad estructural aceptable para un cuerpo ligero y compacto.
- Se sistematiza la práctica de la construcción haciendo uso de herramientas de alto rendimiento como la engrapadora neumática, la bomba lanzamortero y la pistola de fijación.
- Por ser un sistema modular y de ejecución sencilla y rápida es posible instalarlo utilizando mano de obra no especializada y en menos tiempo que el utilizado para un muro o losa convencional.
- Genera desperdicios mínimos.
- Es una opción rentable ya que se soporta a sí mismo y no requiere otra estructura adicional; no requiere cimbra. Para la construcción de esta losa sólo es necesario colocar puntales, y como es un producto ligero, reduce los costos de la estructura principal y de la cimentación.
- Es un material térmico y acústico.

Recomendaciones

- En lugares de clima extremo es preferible usar paneles de poliuretano.
- Los paneles se deben fijar al elemento horizontal que los soporte anclando varillas del no. 3 (3/8″) colocadas a cada 60 cm y alternando ambos lados del muro. La longitud mínima de anclaje dentro del concreto del elemento estructural es de 30 cm; dentro del muro en cada ancla es de 30 cm como mínimo. En ocasiones, para alcanzar la longitud de anclaje en el elemento estructural será necesario habilitar una escuadra en la varilla ancla.
- Los materiales señalados se integrarán a la estructura completa del muro por medio de amarres con alambre recocido.
- Las losas construidas con este sistema requieren de apuntalamiento a base de polines de madera dispuestos horizontalmente, a cada 80 cm y paralelos al lado corto del panel, es decir, en el mismo sentido que el lado más largo de la losa. Los pies derechos se colocan verticalmente apoyando a los polines a cada 1.20 m; preferentemente

en la unión de dos o más esquinas. Sobre los polines horizontales se colocan, como refuerzo en el lecho inferior de la losa, varillas del no. 3 (3/8") con un espaciamiento en función del claro, de la carga y del espesor de la losa. Las varillas deben amarrarse debidamente a la malla del panel y colocarse paralelamente al sentido del lado más largo de la losa.

- Si es necesario abrir un vano para una ventana o puerta en el panel, se trazará y marcará cuando esté instalado en el lugar preciso. La malla se corta con pinzas cortadoras de alambre y el núcleo del panel con navaja o segueta. Para reforzar el lado superior del vano se debe colocar por ambos lados del muro una varilla de no. 3 (3/8") de forma horizontal dejando un anclaje adicional de 30 cm desde los dos extremos verticales del vano. Adicionalmente, debe colocarse en las dos esquinas superiores y por ambos lados del muro un tramo de 60 cm de varilla del no. 3 (3/8") de manera que se formen dos ángulos de 45°, uno con respecto al lado horizontal del vano y el otro con respecto al lado vertical del mismo.
- Para colocar la tubería de instalaciones, se traza sobre el muro, se corta la malla y se retira la parte del núcleo del panel, se aloja la tubería y se restituye la malla colocando otra tipo metal desplegado además de la malla tipo costura sobre la trayectoria de la tubería.
- Sobre ambas caras del muro se aplica Mortero Maestro Holcim Apasco hasta 1:4. Este recubrimiento debe hacerse en dos etapas: en la primera se aplica hasta cubrir la malla sin detallar el acabado, una vez endurecida la primera capa, la segunda etapa consiste en recubrir la primera y detallar el acabado del muro.
- Es posible colocar el recubrimiento mecánicamente con una bomba lanza mortero.
- En el caso de la construcción de losas, una vez instalado y apuntalado el sistema de paneles, se aplicará un repellado por la parte inferior de la losa hasta cubrir la malla, que disminuye el sangrado o pérdida de lechada del concreto durante el colado. Cuando el repellado haya endurecido se podrá vaciar el concreto en la parte superior. La resistencia del concreto que se considera en las especificaciones de uso para este sistema es de f'c=150 kg/cm^2 con un tamaño máximo de agregados de 20 mm, siempre y cuando se respete lo que especifique el fabricante.

- Para evitar deformaciones considerables en los paneles durante el colado es recomendable colocar tablones para transitar sobre ellos.
- El proceso del retiro del sistema de apuntalamiento o descimbrado debe sujetarse a lo indicado en el Capítulo 7 de este manual.
- Una vez retirado el sistema de apuntalamiento se continuará con el proceso de aplicación del aplanado en la parte inferior de la losa. Tomar en cuenta que se deberá aplicar el aplanado en la superficie que ocuparon los polines horizontales.
- En este sistema de construcción de losas se debe tomar en cuenta las recomendaciones para lograr procesos adecuados de vibrado y curado, señalados en el Capítulo 8 de este manual.
- Para evitar grietas o fisuras, tanto en muros como en losas es imprescindible el uso de las mallas adecuadas para cada tipo de unión entre paneles.
- Las mallas se colocan en ambos lados del muro o losa. Su colocación debe ser simétrica, esto es, la mitad colocada en un panel y la otra mitad sobre el panel contiguo. La malla tipo costura se fija al panel enganchando o doblando la cresta sujetándola al alambre de la malla.

Tolerancias

Se aceptan desplomes máximos de 1/300 de la altura de muros de hasta 60 cm de altura. Para muros de mayor altura esta tolerancia no debe exceder los 2 cm.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Los muros se miden por superficie, convencionalmente expresada en metros cuadrados (m^2).
- El acero de refuerzo utilizado en los anclajes se podrá cuantificar, medir y presupuestar por separado o incluirse en los alcances de la fabricación del muro; lo mismo aplica para el proceso de apuntalamiento. Estas variantes deben especificarse claramente en la redacción del concepto. Como los accesorios especiales, complementarios, de conexión, traslape y unión, son de uso obligado, deben considerarse dentro de los alcances de la especificación .

CASTILLOS Y CADENAS

DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Los castillos son elementos verticales fabricados a base de concreto reforzado. Las cadenas son elementos horizontales fabricados a base de concreto reforzado. Se utilizan como elementos estructurales complementarios en los muros con el fin de confinarlos y absorber los esfuerzos de tensión laterales.

Los castillos confinan y rigidizan verticalmente a los elementos de mampostería que forman el muro. Las cadenas, además de confinar de manera horizontal al muro funcionan, según su ubicación, como desplante (si sobre ellas se inicia la construcción de un muro), como cerramiento (si se colocan en la parte superior del muro, sobre el claro de una puerta o ventana) y, como intermedia (si se coloca entre la cadena de desplante y la de cerramiento para dar mayor rigidez al muro).

Las dimensiones de los castillos y cadenas están en función de las necesidades de resistencia estructural ajustándose al espesor del muro en el que van inmersos.

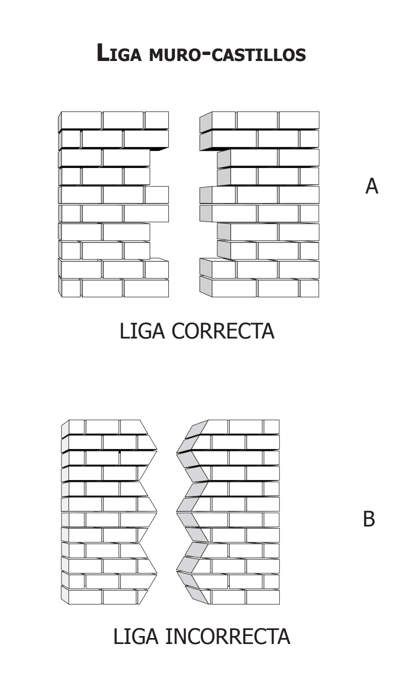
RECOMENDACIONES

- La ubicación y características de los castillos y cadenas deben especificarse claramente en el proyecto.
- En el proceso general de utilización del acero de refuerzo, concreto y cimbra, tomar en cuenta lo comentado en los capítulos de este manual relativos a dichos materiales.
- Antes de vaciar el concreto en estos elementos es importante prever la colocación de los anclajes necesarios, si son elementos en los que se colocarán puertas o ventanas.
- El acero de refuerzo de cada uno de estos elementos debe estar ligado entre sí: el acero de un elemento debe anclarse en el otro y viceversa, a fin de lograr un confinamiento eficiente.
- La separación máxima entre castillos debe ser de 3 m.
- Comúnmente el refuerzo que se coloca en los castillos y cadenas es a base de varillas corrugadas, aunque también es aceptable reforzar con armados electrosoldados prefabricados con alambre de 5/16”

de acero grado 60. El uso de este producto disminuye el empleo de mano de obra.

- Los castillos deben colarse una vez que los bloques de los muros que se ligan hayan sido terminados. Procurar la formación de un acabado irregular en el o los extremos del muro donde se construirá el castillo a fin de garantizar la adherencia entre el concreto y el muro (ver figura 22).
- El acero de refuerzo de los castillos debe anclarse desde la cimentación o losa de desplante, según sea el caso. El anclaje mínimo es de 50 cm. Para castillos ubicados a partir del primer nivel, el acero de refuerzo debe ser continuo desde la planta baja.
- La separación máxima entre cadenas intermedias de desplante o de cerramiento es de 3 m.
- El espesor de las cadenas también depende del espesor del muro.
- La separación de los estribos será definida por el cálculo estructural y no podrá ser mayor que la dimensión menor de alguno de los lados del castillo o cadena.

Figura 20 **LIGA MURO-CASTILLOS**



Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Los castillos y cadenas se miden por unidad de longitud, convencionalmente expresada en metros lineales (m).
- En la medición y cuantificación debe considerarse una sola vez la dimensión de las intersecciones de estos elementos entre sí. La unidad de medida debe incluir el acero de refuerzo especificado en el diseño, la cimbra y descimbra, el acabado especificado y el concreto cuyas características estén indicadas en el proyecto.

Firmes de concreto

Definición y características

El firme es una capa fabricada a base de concreto simple o armado, con el fin de tener una superficie de apoyo rígida, uniforme, resistente y nivelada. El firme de concreto puede ser, en sí mismo, el acabado final o servir de base para otro acabado.

Acabado final en el mismo concreto

- Acabado escobillado.
- Acabado pulido.
- Acabado pulido fino integral.
- Acabado estampado
- Acabado martelinado.

Firme para base de acabados

- Acabado epóxico antibacteriano.
- Acabado a base de losetas y cerámicas.

Comúnmente los firmes se especifican por su espesor y por su tipo de refuerzo.

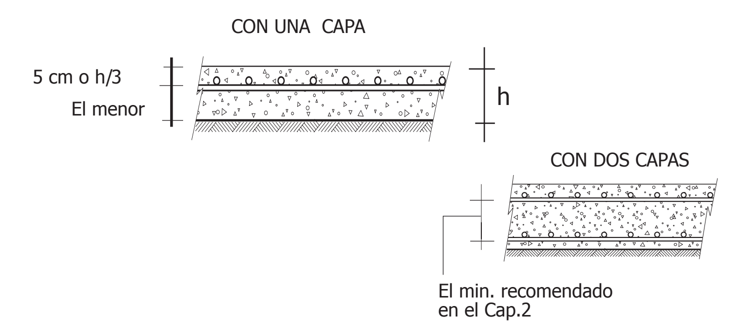
Recomendaciones

- Previo a la construcción del firme es necesario verificar si el desplante o superficie tiene el grado de compactación especificado

en el proyecto. Si no es satisfactorio, deberá compactarse hasta alcanzarlo.

- En el proyecto debe especificarse claramente si se colocará la plantilla de concreto simple. Generalmente este elemento no se considera muy necesario.
- La especificación del refuerzo del firme debe señalarse en el proyecto. Si el refuerzo es a base de malla electrosoldada, ésta debe colocarse debidamente calzada para conservar el recubrimiento de concreto y su ubicación debe ser apropiada a fin de absorber los esfuerzos de contracción provocados por reacciones térmicas del concreto y del medio ambiente (ver figura 23). Si el refuerzo es a base de varillas, se debe tomar en cuenta las recomendaciones señaladas en el Capítulo 2.

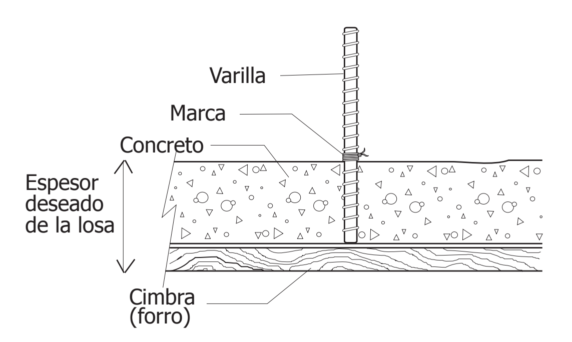
Figura 21 **Colocación de malla electrosoldada**



- Humedecer la superficie de desplante antes de colocar el concreto, a fin de no mermar la cantidad de agua necesaria para el fraguado.
- Durante las labores de vaciado de concreto y del humedecimiento de la superficie hay que cuidar de no alterar el calzado de la malla o del acero.
- Con el fin de uniformar la nivelación y el espesor del firme, antes del vaciado del concreto se colocarán maestras a no más de 2 m de separación entre sí. Éstas son referencias hechas de mezcla de Mortero Maestro Holcim Apasco-arena en proporción 1:5. Durante el colado del concreto se colocará sobre ellas un elemento lo suficientemente rígido y horizontal para extender y nivelar la mezcla.

Para conservar el mismo espesor en toda la extensión del firme se hará uso de un escantillón con el espesor marcado. El escantillón se introduce en el concreto de manera vertical de tal modo que se pueda verificar el espesor conforme avanza el colado (ver figura 24). El uso del escantillón es recomendable en colados cuya cimbra o plantilla no presenta irregularidades de nivelación en la superficie y permite conservar un espesor constante.

Figura 22 **ESCANTILLÓN**



- Es muy importante que antes de vaciar el concreto, se verifique la colocación y ubicación de las instalaciones, las cuales deben haberse situado y probado de manera satisfactoria.

- Una vez colado debe procurarse un eficiente proceso de curado durante 72 horas como mínimo, haciendo uso de cualquiera de los métodos señalados en el Capítulo 8.

- Si las indicaciones del proyecto especifican la formación de juntas de contracción en el firme (ver Capítulo 8), éstas deberán realizarse mínimo 8 horas después del colado, para evitar despostillamientos en el concreto, ya que antes de este tiempo, no habrá adquirido aún la dureza necesaria para resistir los esfuerzos provocados por la tracción del disco de diamante al cortar.

- En algunos casos especiales, de acuerdo al funcionamiento y uso del firme, se especificará el empleo de algún aditivo que mejore las propiedades del concreto. Bajo estas circunstancias se recomienda consultar con el fabricante del aditivo y con Concretos HOLCIM APASCO (si el concreto que se usa es premezclado) para tener la mejor selección y aplicación del producto.

- Cuando el firme esté expuesto directamente al calentamiento solar, el vaciado del concreto se realizará en cuadros de 2.50 x 2.50 cm para formar, mediante este procedimiento, juntas de dilatación e instalar conectores metálicos anclados (un extremo anclado en el concreto y el otro extremo móvil dentro de un encamisado de PVC anclado al concreto del cuadro contiguo), a fin de mantener el nivel y el alineamiento.
- Si por alguna razón se interrumpe el colado de un firme, la junta de construcción debe dejarse perpendicular a la superficie del firme y en línea recta.
- Si por necesidades del proyecto o de la obra se requiere fabricar un firme sobre otro ya construido o sobre una losa de concreto antes de colocar el refuerzo, el concreto del firme base se deberá picar, limpiar y preparar la superficie de contacto. Conviene humedecer y mantener así esta superficie durante 24 horas, antes del nuevo colado.
- El espesor mínimo de un firme debe ser de 8 cm, pero en ocasiones por restricciones del proyecto o de la obra es necesario construir firmes con espesores menores. Si se requiere un firme con un espesor de 3 cm o más se deberá utilizar un concreto con los agregados adecuados.
- Si el espesor del firme es menor a 3 cm el tamaño máximo del agregado debe ser de 1/2”.

Tolerancias

- Las diferencias que se toleran en comparación con lo que se especifica en el proyecto dependen del uso y del acabado que tendrá el firme.
- Para acabado pulido, pulido fino integral y escobillado:
    - Errores en niveles: máximo 1 cm.
    - Ondulaciones: máximo 1 mm.
    - Espesor: máximo 1 cm.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Los firmes se miden por unidad de superficie, convencionalmente expresada en metros cuadrados (m^2).

- El acero de refuerzo y el cimbrado y descimbrado pueden estar incluidos dentro de los alcances de la especificación de este trabajo o, también, plantearse por separado.

Aplanados y emboquillados de mortero en muros y plafones

Definición y características

El aplanado es una capa que sirve de revestimiento para elementos verticales y horizontales, tales como muros, trabes, castillos, cadenas, bordes de losa, plafones, etc. Se fabrica utilizando una mezcla a base de Mortero Maestro Holcim Apasco-arena en proporción 1:3 o 1:4.

El emboquillado es el revestimiento o capa del mismo material que puede colocarse sobre los elementos antes mencionados con el fin de perfilar el vano para puertas, ventanas y otros.

Los aplanados y emboquillados pueden estar especificados como acabado final o como base para algún otro tipo de acabado, según las siguientes especificaciones:

- **A regla.** La regla es un perfil metálico rígido y relativamente ligero que puede ser manejado manualmente y tiene los cantos longitudinales rectos y paralelos. Se usa como herramienta para trazar y verificar la planicidad de una superficie. Para emplearse se colocan sobre el muro referencias llamadas maestras que indican el espesor del aplanado, estas maestras no deben estar separadas entre sí más de 1.50 m. Los extremos de la regla se apoyan en las referencias y una vez aplicada la mezcla sobre el muro, se desliza la herramienta de manera "serroteada" para uniformar el espesor y la superficie. Una vez colocada con el mismo espesor, se procede a aplicar el acabado deseado.
- **A plomo y regla.** El procedimiento es el mismo que el anterior. La plomada se usa para obtener un aplanado completamente vertical. Se aplica en elementos verticales.
- **A nivel.** El procedimiento es el mismo que los anteriores. Con el uso del nivel se obtiene un aplanado completamente horizontal. Se aplica en elementos verticales y horizontales. Esta práctica debe auxiliarse con el empleo del reventón.

- **A reventón.** La finalidad de este procedimiento es aplicar un aplanado auxiliándose únicamente del reventón, sin la precisión que se logra haciendo uso del nivel y de la plomada.
- **A talocha.** Esta práctica es la más imprecisa de todas, consiste en aplicar directamente la mezcla sobre la superficie con una herramienta llamada talocha. No se utiliza ningún otro instrumento para lograr espesores constantes, ni verticalidad u horizontalidad precisas.

Recomendaciones

- Si el aplanado o emboquillado se aplica sobre superficies de concreto, independientemente de su especificación, deberá prepararse la superficie por medio de picado hasta que la superficie quede 100% martelinada y la limpieza debida, además de mantenerla libre de materiales sueltos.
- Antes de colocar la mezcla debe humedecerse la superficie a fin de evitar mermas en la cantidad de agua necesaria para el fraguado del mortero.
- El uso de aditivos estará especificado en el proyecto.
- Debe procurarse un procedimiento eficiente de curado durante los 3 días siguientes a la aplicación de la mezcla.

Tolerancias

- Las discrepancias aceptables con respecto a lo especificado en el proyecto dependen de la calidad del procedimiento de aplicación que se determine.
- Aplanado y emboquillado a plomo y regla:
    - Desplome máximo de 1/300 de la altura del elemento, sin exceder más de 1 cm.
    - Desviación horizontal máxima de 1/500 de la longitud del elemento, sin exceder más de 2 cm.
    - Ondulación superficial máxima de 2 mm por metro longitudinal.
- Aplanado y emboquillado a nivel:
    - Desplome y desviación máximos de 1/300 de la altura del elemento, sin excederse de 1 cm.

- ° Ondulación superficial máxima de 2 mm por metro longitudinal.

• Aplanado y emboquillado a reventón:

- ° Ondulación superficial máxima de 2 mm por metro longitudinal.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Los aplanados se miden por unidad de superficie, convencionalmente expresada en metros cuadrados (m^2).
- Los emboquillados se miden por unidad de longitud, convencionalmente expresada en metros lineales (m) señalando de manera explícita el ancho de la boquilla.

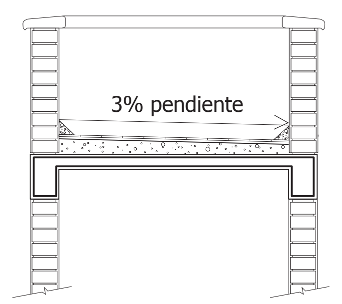
Losa tapa o cubierta

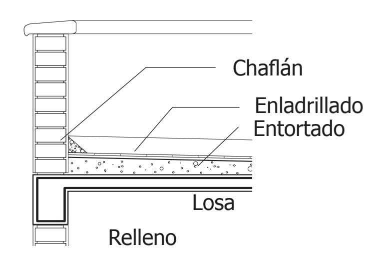
Definición y características

La última losa que se construye en una edificación se denomina losa tapa o azotea. Este elemento siempre se encuentra directamente expuesto a la intemperie y al tránsito normal o pesado, según el tipo de cubierta.

Si la cubierta es inclinada no tendrá que protegerse para resistir el tránsito ni habilitarse para facilitar de manera eficiente el escurrimiento del agua de lluvia. En cambio, la losa plana requiere de esa protección y habilitado. Para tal efecto, se construye un sistema formado de varios elementos (ver Fig. 25).

Figura 23 **Sistema de escurrimiento en losa-tapa**





- **Pretil.** Es un elemento constructivo de media altura que se fabrica a base de concreto armado, tabique rojo recocido o algún otro tipo de mampostería. Sirve para contener el agua de lluvia que se capta en la losa tapa y sirve de base al resto del sistema que permite desalojar el agua de la azotea. También evita el escurrimiento del agua acumulada en la losa superior, sobre los muros exteriores.

- **Relleno.** Para desalojar el agua de lluvia es necesario que escurra sobre la superficie y se canalice hasta las bajadas de agua pluvial. El relleno que se utiliza es un material pétreo ligero (tipo tezontle) que se coloca suelto sobre la losa tapa. Se extiende, distribuye y nivela para provocar el escurrimiento. Es práctica recomendable permisible utilizar el Relleno Fluido Holcim Apasco como sustituto adecuado del tezontle.

- **Entortado.** Si el relleno es un material suelto, entonces debe confinarse totalmente para que conserve el mismo espesor. En la parte inferior está confinado por la losa de concreto, a los lados se encuentra confinado por los pretiles. En la parte superior se confina con el entortado, el cual es un firme de Mortero Maestro Holcim Apasco-arena en proporción 1:4 con un espesor de 3 cm sin refuerzo. Otra opción para realizar los entortados es con Relleno Fluido elaborado por Concretos de Holcim Apasco.

- **Enladrillado.** Para proteger al entortado del tránsito sobre la azotea, se colocarán ladrillos de barro recocido junteados con Mortero Maestro Holcim Apasco-arena 1:4. Antes de colocar el enladrillado, se aplicará un sistema impermeabilizante, si es necesario.

- **Chaflán.** En la unión del entortado con el pretil se presentan puntos susceptibles de filtración, por lo que se fabrica un chaflán a base de pedacería de tabique junteada con Mortero Maestro Holcim Apasco-arena en proporción 1:3.

- **Bajada de agua pluvial.** Es una tubería por la que escurre el agua de lluvia captada y canalizada en la azotea. Según el reglamento de construcción local esta agua debe ser descargada en una cisterna que permita su almacenamiento y posterior filtración hacia el subsuelo para recuperar los mantos acuíferos. El reglamento no permite descargas pluviales directamente sobre la vía pública.

Recomendaciones

- La construcción de pretiles debe tomar en cuenta las recomendaciones hechas en este manual para elementos construidos con algún tipo de mampostería o concreto reforzado, según sea el caso.
- Para que el relleno tenga uniformidad y una distribución eficiente, el tamaño máximo de las piedras debe ser de 3 cm. Al utilizar el Relleno Fluido Holcim Apasco se evita esta restricción.
- Colocar maestras para referenciar los diferentes espesores del relleno.
- Una vez tendido el material de relleno debe apisonarse para acomodar las partículas, a fin de evitar asentamientos posteriores.
- La pendiente mínima para desalojar eficientemente el agua de lluvia es 3%. Esta pendiente se forma moldeando y acomodando el relleno.
- No es práctica aceptable proyectar distancias largas en el escurrimiento del agua hacia las bajadas de agua pluvial (BAP), pues la cantidad de material de relleno se incrementaría provocando, consecuentemente, cargas adicionales a la estructura.
- Para el enladrillado se utilizarán ladrillos de barro rojo recocido de 2x12x24 cm y se pegarán directamente al entortado, junteado con mortero Maestro Holcim Apasco-arena 1:4.
- Evitar romper el enladrillado o el entortado y remover el relleno ya colocado para instalar una bajada de agua pluvial no prevista o la base de algún equipo. Por tanto no debe iniciarse el relleno hasta no tener construidas las bases de los equipos y las tuberías de las BAP perfectamente instaladas.
- La colocación del enladrillado no debe alinearse exactamente con el pretil, sino hasta 3 cm antes del mismo. Ese espacio se sellará con el chaflán.
- Antes de colocar el chaflán se picará finamente la superficie del pretil que estará en contacto con uno de los catetos.
- El chaflán tiene sección triangular y cada cateto debe medir 10 cm. Se fabrica a base de Mortero Maestro Holcim Apasco-arena en proporción 1:3.

- Para sellar el sistema de azotea (pretil-entortado-chaflán) se aplicará una lechada de cemento en proporción 1:3 y se extenderá sobre la superficie del enladrillado y del chaflán.
- Es importante que en las BAP se instalen coladeras.
- La superficie tributaria óptima para cada BAP no debe exceder los 100 m^2 para tuberías de 4" de diámetro.
- La ubicación de las BAP debe estar indicada en el proyecto.
- Procurar que la forma de las superficies tributarias sea lo más regular posible, preferentemente cuadrada o rectangular. Si son rectangulares, la relación entre el lado mayor con respecto al menor no debe ser mayor a 2 veces, así se evitarán largas distancias en el escurrimiento del agua y, por lo tanto, volúmenes adicionales de relleno.
- Las BAP no deberán utilizarse para desalojar las aguas negras, cuyos conductos deben estar separados.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- El pretil se medirá en función de los materiales o elementos que lo integran:
    - Si es de concreto:
        - Cimbra y descimbra: metro cuadrado (m^2).
        - Acero de refuerzo: tonelada (ton).
        - Concreto: metro cúbico (m^3).
    - Si es de tabique o algún tipo de mampostería:
        - Muro: metro cuadrado (m^2).
        - Cadenas y castillos: metro lineal (m).
- El relleno se medirá en unidades de volumen, convencionalmente, en metros cúbicos (m^3).
- El enladrillado, en metros cuadrados (m^2).
- El entortado, en metros cuadrados (m^2), especificando claramente el espesor.
- El chaflán, en metros lineales (m).

DRENAJE

DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Es un sistema construido con tuberías de concreto simple colocadas dentro del terreno en una o varias líneas formando una red. Su función es conducir y desalojar por gravedad las aguas negras y jabonosas hacia los colectores principales.

Para efectos del presente manual, se considerarán tuberías menores a 45 cm de diámetro.

RECOMENDACIONES

- Las especificaciones de dimensión, forma y calidad de las tuberías debe indicarse en el proyecto.
- El tendido de una línea de drenaje se inicia desde el nivel más bajo hacia el más alto, colocando la espiga del tubo hacia abajo y la campana hacia arriba. La pendiente mínima para garantizar un escurrimiento eficiente es de 2%.
- Evitar colocar tubos despostillados o agrietados.
- El ancho de excavación de la cepa depende del diámetro del tubo que se utilice y de la profundidad. En la tabla 2 del Capítulo 1 se muestran los anchos máximos de cepa permisibles en función de esas variables.
- Cuando se excave en terreno inestable se procurará ademar y apuntalar los taludes de la cepa a fin de evitar caídas del mismo material que estropeen y alteren el procedimiento constructivo o propicien algún accidente.
- Evitar que el fondo de la excavación tenga salientes rocosas o raíces que impidan que la tubería se apoye de manera firme y uniforme.
- La tubería se colocará sobre una cama de arena de 10 cm de espesor que inmovilice la red evitando fisuras.
- La tubería debe colocarse en un fondo seco, libre de agua. Si ésta se encuentra, deberá ser desviada o achicada por medio de bombeo antes de instalar la tubería.
- Es importante que la tubería se instale de manera alineada sobre un trazo recto.

- Una vez colocada la tubería se procederá a rellenar la cepa con capas de 20 cm, a las que se aplicarán esfuerzos de compactación.
- Las primeras dos capas de material de relleno sobre el lomo de la tubería deberán estar libres de piedras que puedan afectarla durante el proceso de relleno y compactado.
- Para la mezcla para juntear tubería de concreto simple se recomienda una mezcla de Mortero Maestro-arena en proporción 1:4.
- El relleno (colchón) del lecho superior de la tubería debe ser de 1.20 m mínimo para tuberías de hasta 45 cm de diámetro y 1.50 m mínimo para tuberías de diámetros mayores.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

La construcción de una línea de drenaje se mide en unidades de longitud, convencionalmente, en metros lineales (m).

Referencias

Para mayor información y complementación sobre este tema se sugiere consultar las siguientes normas mexicanas:

NMX-C-009-1981	Tubos de concreto sin refuerzo. Especificaciones.
NMX-C-115-1967	Métodos de prueba para procedimientos de curado para tubos de concreto.
NMX-C-116-1978	Tubos de concreto. Determinación de la resistencia a la compresión por el método de tres apoyos.
NMX-C-119-1978	Tubos de concreto. Determinación de la absorción del agua.
NMX-C-257-1978	Métodos de prueba hidrostática para tubos de concreto.

Registros

Definición y características

Son cajas fabricadas con concreto, tabique rojo recocido o algún otro tipo de mampostería, a lo largo de una línea de drenaje, instalación eléctrica o de telefonía. Su función es dar acceso a la línea o tubería para efectos de revisión, limpieza o desazolve, según sea el caso.

Recomendaciones

- Para la fabricación de registros sobre una línea de drenaje:
  - Las características generales (dimensiones, ubicación, material, separación, etc.) de los registros deben especificarse en el proyecto.
  - El tamaño de la sección horizontal del registro depende de la tubería de concreto que se utilice y de la profundidad del registro. Las dimensiones no deberán ser nunca menores de 60 x 40 cm.
  - El acabado del interior del registro debe ser aplanado con Mortero Maestro Holcim Apasco-arena en proporción 1:4 con acabado pulido fino. El espesor mínimo del aplanado interior es de 1 cm.
  - El fondo del registro debe ser de concreto f'c=150 kg/cm^2, ahogado en esta base debe colocarse la mitad de un tubo del mismo diámetro que se recibe en forma de media caña, para dar continuidad al escurrimiento de la tubería dentro del registro.
  - El registro debe contar con una tapa fácilmente desmontable, construida a base de concreto reforzado.
- Para la fabricación de registros sobre la línea de telefonía:
  - Las características generales (dimensiones, ubicación, material, separación, etc.) de los registros deben especificarse en el proyecto.
  - El tamaño de la sección horizontal del registro depende del ducto de concreto que albergará y de la

profundidad del registro. Las dimensiones no deberán ser nunca menores de 60 x 60 cm.

- El acabado del interior del registro debe ser aplanado con Mortero Maestro Holcim Apasco-arena con acabado pulido fino. El espesor mínimo del aplanado interior es de 1 cm.
- El fondo del registro debe contener una cama de grava de 3/4" de 10 cm de espesor asentada sobre una base de concreto con un dren o resumidero natural que permita la filtración del agua que llegue a introducirse.
- El registro debe contar con una tapa fácilmente desmontable, construida a base de concreto reforzado.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- La construcción de registros se mide por unidad terminada, convencionalmente por pieza (pza).
- La pieza incluye la tapa. Los trabajos de excavación, relleno y acarreos respectivos, normalmente no se incluyen en los alcances de esta especificación, por lo que deben considerarse de manera separada.

Pozos de visita

Definición y características

Estructuras cónicas construidas dentro del suelo sobre las líneas del sistema de alcantarillado o drenaje para conectar dos o más líneas de tuberías, para cambiar de dirección de manera vertical u horizontal una línea de drenaje, para cambiar de un diámetro a otro o para cambiar el material de las tuberías. Son de sección horizontal circular y verticalmente tienen forma de cono truncado. El diámetro máximo de la tubería para implementar la construcción de estos muros es de 76 cm.

Recomendaciones

- Las características (dimensión, profundidad, localización, etc.) de los pozos de visita deben especificarse en el proyecto.

- El diámetro de la sección horizontal en la parte superior del pozo no debe ser menor a 60 cm.
- El diámetro de la sección horizontal en la base del pozo dependerá del diámetro de la o las tuberías que conecta.
- El pozo debe desplantarse sobre un firme de concreto f'c=150 kg/cm^2, reforzado con malla electrosoldada 66-1010. El espesor mínimo del firme será de 10 cm.
- Los muros se construyen con tabique rojo recocido colocados radialmente y de forma tal que el espesor del muro resulte de 24 cm (el lado más largo de un tabique rojo recocido). Los de tabique deberán juntearse con Mortero Maestro Holcim Apasco-arena en proporción 1:4. Las características del junteo deben ser las que se mencionan en este mismo capítulo, en el tema de muros de tabique rojo recocido.
- Las primeras hiladas del muro se construirán a plomo hasta alcanzar una altura de 90 cm desde el lecho superior de la tubería. Posteriormente las hiladas se construirán disminuyendo paulatinamente el diámetro del muro hasta cerrar en un diámetro mínimo de 60 cm en la parte superior del pozo.
- La profundidad mínima del pozo de visita está determinada por la profundidad del relleno (colchón) sobre la tubería, el diámetro exterior de la tubería y el espesor de la cama de arena. La suma de estas tres dimensiones es la profundidad mínima del pozo.
- Los pozos de visita deben ser accesibles para su inspección o registro, por tal motivo debe implementarse la colocación de escalones metálicos debidamente anclados al muro perimetral.
- El acabado interior del muro debe ser liso y resistente por lo que deberá aplanarse con Mortero Maestro Holcim Apasco-arena en proporción 1:4, acabado pulido fino. El espesor del aplanado interior no debe ser menor a 1 cm.
- En el fondo del pozo, sobre el firme de base, debe fabricarse una media caña con la misma tubería. Esta debe asentarse, fijarse y acostillarse con mortero y pedacería de tabique. La media caña es una tubería de concreto simple fragmentada por la mitad y en sentido longitudinal, la parte superior se desprende y se retira, quedando la parte inferior como un canal de sección semicircular.

- Las características del brocal deben estar especificadas en el proyecto. Generalmente, se utilizan brocales de concreto o de fierro fundido regular, de 60 cm de diámetro interior.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- La construcción de pozos de visita se mide por unidad com-pletamente terminada, convencionalmente, por pieza.
- La pieza puede incluir o no el brocal. Los trabajos de excavación, relleno y acarreos respectivos, normalmente no se incluyen en los alcances de esta especificación, por lo que deben considerarse de manera separada.



Acabados

En ocasiones, el concreto que se utiliza para fabricar un elemento estructural o arquitectónico debe quedar como acabado final. Si no es así, el concreto servirá de base para ser recubierto con algún otro acabado.

Acabado escobillado

Definición y características

Este tipo de acabado se especifica para elementos horizontales y de gran superficie (firmes, losas y pisos de concreto). Produce una textura rugosa y antiderrapante cuya ejecución es sencilla y práctica y se aplica de manera integral al concreto, por lo que puede ser una especificación de acabado final del concreto. El escobillado sirve también como base para asentar algún acabado de tipo cerámico.

Recomendaciones

- Se debe realizar cuando la superficie del concreto está semiendurecida y terminarse deslizando una plana de madera.
- Una vez que la superficie tenga uniformidad, la textura gruesa del acabado escobillado se proporciona por medio de cepillos de cerdas rígidas sobre la superficie del concreto aún no endurecido. La calidad de la textura media a fina se logra con cepillo de cerdas blandas.
- Para tener un acabado uniforme y adecuado, el cepillo debe enjuagarse en agua después de cada aplicación y retirar el exceso de agua del mismo.

- La aplicación de este procedimiento para dar acabado final al concreto no modifica el proceso del curado posterior; este deberá realizarse de manera cuidadosa a fin de no dañar el diseño, uniformidad y calidad del acabado.
- Es aceptable utilizar una escoba para este efecto.
- Los diseños del escobillado pueden ser líneas rectas, curvas u onduladas.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Se mide en unidad de superficie, convencionalmente en metros cuadrados (m^2).
- De manera práctica y para fines de presupuestación y análisis de costos, el acabado integral en un elemento de concreto se considera como un sobreprecio o sobreactividad que se valora por separado.

Acabado liso con plana de madera

Definición y características

Este acabado produce una textura semirugosa y antiderrapante que no tiene ningún diseño final.

Se especifica cuando el concreto servirá de base para la aplicación de otro acabado que requiere, por necesidad de adherencia, una superficie de este tipo.

Recomendaciones

- La superficie de concreto semiendurecido debe terminarse mediante el deslizamiento de una plana de madera.
- No se requiere de otro tipo de acabado integral para la superficie del concreto.
- La aplicación de este procedimiento no modifica el proceso del curado posterior del elemento.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

El acabado liso es parte integral del colado del concreto, por lo que generalmente se especifica en el mismo proceso o en los conceptos relativos al vaciado del concreto en el elemento (firme, losa, piso, etc.). Debido a esto no se presentan especificaciones detalladas ni grupos de trabajo para la realización de esta actividad.

Acabado pulido fino integral

Características y definiciones

La superficie que se logra al aplicar este tipo de acabado en el concreto es más lisa y menos porosa que las anteriores.

Se especifica para concretos que requieren una base para aplicar otros acabados como: aplicación de productos líquidos (pinturas, epóxicos), loseta vinílica, parquet, linóleums, etc.

Recomendaciones

- Una vez que el concreto esté debidamente colocado, compactado y nivelado, para poder proceder a dar el acabado pulido, es indispensable permitir que el concreto haya terminado de sangrar lo cual se detecta en el momento en que la superficie pierde el brillo original tornándese mate. En ese momento se debe iniciar el acabado mediante herramientas de madera o de magnesio en su etapa inicial. La llana metálica debe deslizarse sobre la superficie hasta obtener un acabado, liso y libre de porosidades.
- No debe aplicarse polvo de cemento para elevar la cantidad de finos sobre la superficie del elemento pues propicia la formación de una capa delgada que una vez endurecida se desprenderá con facilidad del resto.
- La aplicación de este procedimiento no modifica el proceso del curado posterior del elemento; este deberá realizarse de manera cuidadosa a fin de no dañar la textura, uniformidad y calidad del acabado.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

- Se mide en unidad de superficie, convencionalmente, en metros cuadrados (m^2).
- De manera práctica y para fines de presupuestación y análisis de costos, el acabado integral en un elemento de concreto se considera como un sobreprecio o sobreactividad que se valora por separado.

Acabado martelinado

Características y definición

Es un acabado que se proporciona al concreto, ya sea de un elemento vertical u horizontal. Su textura es más rugosa que la de los acabados pulido y escobillado. El acabado martelinado no se considera un acabado integral, sino un acabado provocado una vez que el concreto ha endurecido lo suficiente para no deformarse y/o dañarse durante el proceso y que aún no ha endurecido tanto como para requerir mayor esfuerzo en su ejecución ni para ser susceptible de provocar fisuras.

Con este acabado se dejan expuestos los agregados pétreos de la mezcla del concreto.

Recomendaciones

- Debe usarse la herramienta adecuada para lograr el acabado, es decir la martelina con la cual se golpea cuidadosa y uniformemente el concreto a fin de remover la película superficial.
- El martelinado no debe ser tan excesivo que disminuya el espesor del recubrimiento especificado para el concreto. De ser necesario se debe especificar un recubrimiento mayor.
- Este proceso debe hacerse una vez que el período de curado haya concluido, o que el concreto adquiera al menos el 20% de la resistencia esperada.

Alcances y criterios de medición y cuantificación

Se mide en unidad de superficie, convencionalmente, en metros cuadrados (m^2).



Foto 14
Pulido fino integral de piso de concreto por medios mecánicos.



Foto 15
Piso de concreto pulido fino integral.

APÉNDICES

Servicios Holcim Apasco

Asistencia técnica

Esta área, especializada en el cemento, el concreto y sus componentes, sirve de apoyo a nuestros clientes con los siguientes servicios:

- Asesoría técnica.
- Capacitación
- Investigación aplicada.
- Difusión técnica.

Asesoría técnica

Algunas de las asesorías que nuestros clientes pueden obtener son: visita a obra; muestreo y ensayes de los materiales; diseños de mezcla, optimización de procesos productivos y consultas para necesidades específicas.

Capacitación

Holcim Apasco a través de sus especialistas técnicos, brinda capacitación a sus clientes, principalmente en procesos especializados relacionados con la selección, uso y aplicación de sus productos, con el diseño de mezclas, con la supervisión de obras de concreto, entre otros.

Investigación aplicada

Holcim Apasco a través de su Centro Tecnológico del Concreto desarrolla nuevos productos para satisfacer las necesidades de su mercado ágil, cambiante y demandante. Así, para cada proyecto especial se diseñan y generan productos de desempeño específico, de acuerdo a las necesidades particulares de este tipo de proyectos.

Difusión Técnica

Nuestros asesores técnicos, mediante sus programas de difusión imparten de manera constante cursos, pláticas y conferencias sobre diversos temas relacionados principalmente con el cemento y el concreto.

Bombeo de concreto

El servicio de bombeo cubre una amplia variedad de necesidades, y cuenta con modernos equipos estacionarios y plumas en los alcances que usted requiera.

Llevamos directamente a la obra el equipo que seleccione, así como el personal necesario para su operación.

Este servicio se recomienda para obras de gran movilidad, ya que permite una rápida reubicación sin mayor pérdida de tiempo. La capacidad de bombeo es de 90 m^3/hora y permite colocar el concreto en elementos en cualquier posición, horizontales o verticales.

Las plumas de distribución tienen 28, 32, 36 y 45 metros de alcance y son un equipo ideal cuando las necesidades de bombeo del concreto exceden los ofrecidos por la bomba pluma. Requiere de un espacio muy reducido para su instalación y no es necesario maniobrar para operar, instalar o mover el equipo.

También tiene capacidad de bombeo vertical, horizontal y/o sus combinaciones.

La tubería con que se cuenta es de 1.00, 1.50, 2.00 y 3.00 metros de longitud así como codos de 45 y 90°. Las mangueras de distribución de este equipo son flexibles.

Plantas en obra

Disponemos de plantas móviles dosificadoras de concreto, que se instalan directamente en la obra, para que obtenga grandes beneficios en tiempo, servicio y costo.

Se garantiza el abasto del concreto en el momento que lo requiera, asegurando la continuidad del suministro de concreto.

Se agiliza el ritmo de la construcción, evitando tiempos muertos y manteniendo una perfecta sincronización y frecuencia de entrega entre la obra y la producción del concreto.

Estos equipos han sido desarrollados pensando en proyectos cuyo consumo de concreto premezclado sea importante.

Asesoría técnica especializada

Ponemos a su servicio personal técnico altamente calificado, para brindarle soluciones rápidas y económicas a los problemas que día a día enfrenta en las labores de la construcción.

Nuestro personal se mantiene en constante actualización, gracias a los intercambios tecnológicos que sostenemos con nuestro Centro Técnico Central ubicado en Suiza, que tiene presencia en más de 70 países. Lo ayudará también a evaluar el diseño óptimo de su producto, seleccionando los materiales más adecuados, de acuerdo a su sistema constructivo, así como al uso que le dará al producto.

Brindamos una continua supervisión de obra, para orientar y guiar a todo el personal involucrado, convirtiendo los problemas en soluciones completas. Siempre con la idea de elevar los niveles de eficiencia, modernizar los procesos constructivos y optimizar el uso de todos los recursos.

El área técnica está siempre a su disposición, para atender cualquier inquietud que surja a lo largo de la vida útil de los elementos colados, así como para recomendar el mantenimiento más adecuado para ampliar la durabilidad de su obra.

Centro tecnológico del concreto

Día a día Holcim Apasco se mantiene a la vanguardia en cuanto a investigación y desarrollo de productos y servicios de alta especialidad para satisfacer las necesidades de todos sus clientes.

El dinamismo actual de la industria de la construcción y su constante necesidad de ser más competitiva demanda la necesidad de productos y servicios que satisfagan las necesidades específicas de cada uno de los segmentos de dicha industria.

Parte importante de la visión de Holcim Apasco consiste en fomentar el uso de la más avanzada tecnología mundial en todas actividades. Con un constante espíritu de innovación promovemos la investigación y desarrollo de nuevos productos y servicios relacionados, diseñados para satisfacer las necesidades de nuestros clientes y usuarios finales, desde el autoconstructor hasta los grandes constructores.

Como respuesta a la creciente demanda de soluciones innovadoras de la industria de la construcción, Holcim Apasco creó el Centro Tecnológico del Concreto (CTC), primero en su tipo en México, el cual desde 1995 investiga, desarrolla y certifica productos que cumplen con las necesidades de sus diferentes segmentos de clientes.

Podemos asegurar con orgullo que el CTC es el fiel reflejo de toda una estrategia de diferenciación, a través de un alto enfoque a la entrega de servicios de valor agregado que ponemos a disposición de nuestros clientes. Así lo comprueban sus numerosos reconocimientos nacionales e internacionales, como son:

- Certificación del ACI (American Concrete Institute) reconociendo la competencia de todo nuestro personal técnico.

- Certificación de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), por medio de la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. (EMA) que reconoce la confiabilidad operativa de nuestros laboratorios.
- Reconocimiento de la CNA (Comisión Nacional del Agua) como único laboratorio acreditado en México para la certificación de tubería de concreto.
- Certificación ISO 9001-2000, manteniendo certificados todos nuestros procesos operativos con alto enfoque a la satisfacción del cliente.

Gracias al constante intercambio de la más avanzada tecnología que realiza con el Centro Técnico de Holcim Suiza y con más de 70 países, en el CTC de Holcim Apasco ofrecemos soluciones integrales que incluyen la asesoría y soporte técnico para el uso y aplicación de nuestros productos de manera eficiente.

En el CTC contamos con personal altamente capacitado, certificado y reconocido a nivel nacional o internacional, que opera en los laboratorios especializados más avanzados de América Latina generando nuevos productos y servicios y evaluando de manera continua el desempeño de nuestros productos de cemento, concreto premezclado y agregados y productos relacionados. Su amplia y variada experiencia, aunados a la pasión por servir del personal técnico del CTC, garantiza que los productos y servicios que se brindan a nuestros clientes en sus diferentes requerimientos serán los mejores del sector.

Entre las principales actividades que realiza el CTC se encuentran:

- Investigación y Desarrollo para generar soluciones de valor para la industria de la construcción a través de nuevos e innovadores productos de cemento y concreto.
- Usos y aplicaciones de nuestros productos que permite la materialización de los nuevos productos desarrollados en soluciones prácticas con alto beneficio a los usuarios finales.
- Soporte técnico para nuestras operaciones de cemento, concreto premezclado y agregados que permiten la alta competitividad de nuestros productos, manteniendo sus altos estándares de calidad.
- Capacitación técnica de alta especialización que nos permite contar con el personal técnico más preparado de la industria y elevar la competitividad de nuestros clientes mediante la innovación y mejora de las prácticas.

- Operación de Laboratorios Altamente Especializados cuya actividad es la principal herramienta para la investigación y desarrollo de soluciones de valor, contando con equipos de alta tecnología y procesos certificados lo cual hace que el centro sea más que un laboratorio de pruebas, sino la puesta en marcha de una nueva perspectiva global para entrega de valor a la industria de la construcción.

APÉNDICE 2

REVISIÓN PARAMÉTRICA

Además de la revisión parcial tanto numérica como de concepto, es recomendable una revisión global con base en parámetros lógicos tales como: cantidad de acero por metro cúbico de elemento estructural, cantidad de cimbra por metro cúbico de elemento estructural, espesor promedio de losas en relación al área cubierta, semejanza de la cantidad de pisos con el acabado en plafones, suma de recubrimientos semejante al doble de muros, etcétera.

Es recomendable también, cuantificar selectivamente los elementos estructurales representativos o promedio, para asignar límites más precisos a la revisión paramétrica.

A continuación se explica una revisión paramétrica de cuantificacion de edificios para detectar errores graves.

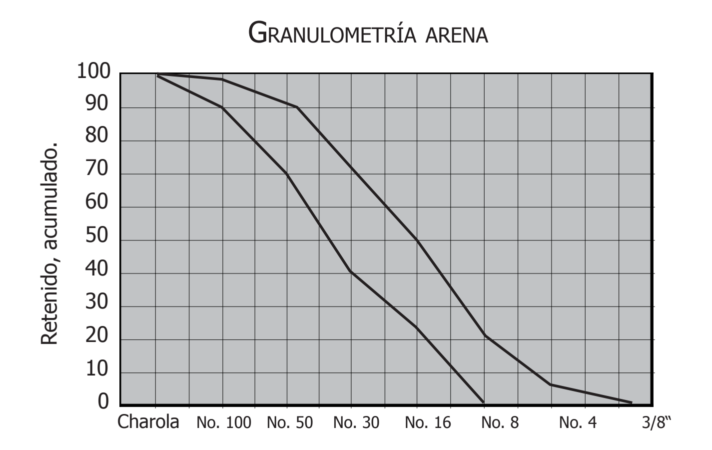
CONCEPTO	ESTE EDIFICIO*	PARÁMETROS	
		MÍNIMO	MÁXIMO
1. Muros *vs* recubrimientos			
$\frac{\text{Suma de muros m}^2}{\text{Suma de recubrimientos en m}^2}$		Aprox.	0.5 m^2/m^2
2. Losas *vs* pisos			
$\frac{\text{Suma de losas en m}^2}{\text{Suma de pisos en m}^2}$		Aprox.	1.00 m^2/m^2
3. Cimbra *vs* concreto			
a) $\frac{\text{Cimbra en zapatas en m}^2}{\text{Cimbra en zapatas en m}^3}$		1 a	3 m^2/m^3
b) $\frac{\text{Cimbra en contratrabes en m}^2}{\text{Cimbra en contratrabes en m}^3}$		13.3 a	17.5 m^2/m^3

Concepto	Este edificio*	Parámetros	
		Mínimo	Máximo
c) $\dfrac{\text{Cimbra losas tapa de cimentación en m}^2}{\text{Cimbra losas tapa de cimentación en m}^3}$		5 a	10 m^2/m^3
d) $\dfrac{\text{Cimbra en columnas en m}^2}{\text{Cimbra en columnas en m}^3}$		6 a	16 m^2/m^3
e) $\dfrac{\text{Cimbra en trabes en m}^2}{\text{Cimbra en trabes en m}^3}$		7 a	16 m2/m3
f) $\dfrac{\text{Cimbra en losas en m}^2}{\text{Cimbra en losas en m}^3}$		5 a	12.5 m^2/m^3
4. Acero *vs* concreto			
a) $\dfrac{\text{Acero en zapatas en kg}}{\text{Concreto en zapatas en m}^3}$		40 a	70 kg/m^3
b) $\dfrac{\text{Acero en contratrabes en kg}}{\text{Concreto en contratrabes en m}^3}$		60 a	150 kg/m^3
c) $\dfrac{\text{Acero en losas de cimentación en kg}}{\text{Concreto en losas de cimentación en m}^3}$		90 a	175 kg/m^3
d) $\dfrac{\text{Acero en columnas en kg}}{\text{Concreto en columnas en m}^3}$		100 a	600 kg/m^3
e) $\dfrac{\text{Acero en trabes en kg}}{\text{Concreto en trabes en m}^3}$		100 a	400 kg/m^3
f) $\dfrac{\text{Acero en losas macizas en kg}}{\text{Concreto en losas macizas en m}^3}$		50 a	150 kg/m^3
g) $\dfrac{\text{Acero en losas reticulares en kg}}{\text{Concreto en losas reticulares en m}^3}$		100 a	250 kg/m^3
h) $\dfrac{\text{Acero en losas reticulares aligeradas en kg}}{\text{Concreto en losas reticulares aligeradas en m}^3}$		80 a	200 kg/m^3

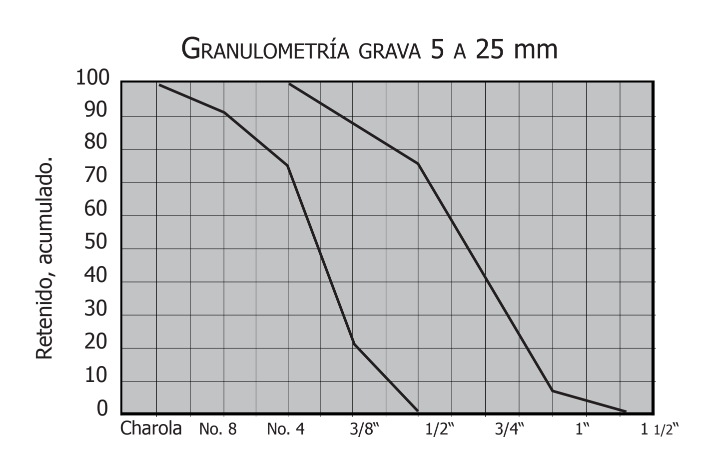
Fuente: Costo y tiempo en edificación de Carlos Suárez Salazar, Editorial Limusa.

* En esta columna se indica la relación obtenida de la cuantificación de una obra específica.

GRANULOMETRÍA ARENA



GRANULOMETRÍA GRAVA 5 A 25 mm



APÉNDICE 4

Unidades de medida

LONGITUD							
UNIDAD	**PULGADAS**	**PIES**	**MILLAS**	**MILÍMETROS**	**CENTÍ-METROS**	**METROS**	**KILÓME-TROS**
PULGADAS	1	0.08333	-	25.4	2.54	0.0254	-
PIES	12	1	-	304.8	30.48	0.3048	-
MILLAS	63,360	5,280	1	1,609,344	160,934	1,609.34	1.61
MILÍMETROS	0.03937	0.003281	-	1	0.1	0.001	-
CENTÍME-TROS	0.3937	0.032808	-	10	1	0.01	-
METROS	39.37	3.28084	-	1,000	100	1	0.001
KILÓMETROS	39,370	3,280.8	0.62137	-	100,000	1.000	1

ÁREA O SUPERFICIE						
UNIDAD	PULGADAS^2	PIES^2	ACRES	MILÍMETROS^2	CENTÍMETROS^2	METROS^2
PULGADAS^2	1	0.006944	-	645.16	6.4516	0.00064516
PIES^2	144	1	-	92 903.04	929.0304	0.09290
ACRES	-	43 560	1	-	-	4 046.8564
MILÍMETROS^2	0.00155	-	-	1	0.01	-
CENTÍMETROS^2	0.1550	0.001076	-	100	1	0.0001
METROS^2	1 550.0031	10.76391	0.000247	-	10 000	1

EQUIVALENCIAS DE VOLUMEN LÍQUIDO						
UNIDAD	GALON (US)	GALÓN IMPERIAL	PULGADAS CÚBICAS	PIES CÚBICOS	METROS CÚBICOS	LITROS
GALÓN (US)	1.0	0.833	231.0	0.1337	0.00378	3.785
GALÓN IMPERIAL	1.20	1.0	277.41	0.1605	0.00455	4.546
PULGADAS CÚBICAS	0.004329	0.003607	1.0	0.00057	0.000016	-
PIES CÚBICOS	7.48	6.232	1,728.0	1.0	0.0283	28.317
METROS CÚBICOS	264.17	219.97	-	35.314	1.0	1,000
LITROS	0.26417	0.220	61.023	0.0353	0.001	1.0

EQUIVALENCIAS DE TEMPERATURA

0.555 (ºF-32)	=	GRADOS CELSIUS (ºC)
(1.8 x ºC) + 32	=	GRADOS FAHRENHEIT (ºF)
ºC + 273.15	=	GRADOS KELVIN (ºK)

Punto	=	212 ºF
de Ebullición	=	100 ºC
	=	373 ºK

Punto	=	32 ºF
de Congelamiento	=	0 ºC
	=	273 ºK

MEDIDAS DE LONGITUD

SISTEMA INGLÉS A MÉTRICO

Pulgadas (pulg)	x	25.4	=	Milímetros (mm)
Pulgadas (pulg)	x	2.54	=	Centímetros (cm)
Pies (pie)	x	304.8	=	Milímetros (mm)
Pies (pie)	x	30.48	=	Centímetros (cm)
Pies (pie)	x	0.3048	=	Metros (m)
Yardas (yd)	x	0.9144	=	Metros (m)
Millas (mi)	x	1,609.3	=	Metros (m)
Millas (mi)	x	1.6093	=	Kilómetros (km)

SISTEMA MÉTRICO A INGLÉS

Milímetros (mm)	x	0.03937	=	Pulgadas (pulg)
Milímetros (mm)	x	0.00328	=	Pies (pie)
Centímetros (cm)	x	0.3937	=	Pulgadas (pulg)
Centímetros (cm)	x	0.0328	=	Pies (pie)
Metros (m)	x	39.3701	=	Pulgadas (pulg)
Metros (m)	x	3.2808	=	Pies (pies)
Metros (m)	x	1.0936	=	Yardas (yd)
Kilómetros (k)	x	0.6214	=	Millas (mi)

MEDIDAS DE ÁREA O SUPERFICIE

MÉTRICO A MÉTRICO

Metros cuadrados (m^2)	x	10 000	=	Centímetros cuadrados (cm^2)
Hectáreas (ha)	x	10 000	=	Metros cuadrados (m^2)

INGLÉS A MÉTRICO

Pulgadas cuadradas ($pulg^2$)	x	6.4516	=	Centímetros cuadrados (cm^2)
Pies cuadrados (pie^2)	x	0.092903	=	Metros cuadrados (m^2)
Yardas cuadradas (yd^2)	x	0.8361	=	Metros cuadrados (m^2)
Acres (Ac)	x	0.004047	=	Kilómetros cuadrados (m^2)
Acres (Ac)	x	0.4047	=	Hectáreas
Millas cuadradas (mi^2)	x	2.59	=	Kilómetros cuadrados (km^2)

MÉTRICO A INGLÉS

Centímetros cuadrados (cm^2)	x	0.16	=	Pulgadas cuadradas ($pulg^2$)
Metros cuadrados (m^2)	x	10.7639	=	Pies cuadrados (pie^2)
Metros cuadrados (m^2)	x	1.1960	=	Yardas cuadradas (yd^2)
Hectáreas (ha^2)	x	2.471	=	Acres (Ac)
Kilómetros cuadrados (km^2)	x	247.1054	=	Acres (Ac)
Kilómetros cuadrados (km^2)	x	0.3861	=	Millas cuadradas (mi^2)

UNIDADES DE VOLUMEN

INGLÉS A MÉTRICO

Pulgadas cúbicas ($pulg^3$)	x	16.3871	=	Mililitros (ml)
Pulgadas cúbicas ($pulg^3$)	x	16.3871	=	Centímetros cúbicos (cm^3)
Pies cúbicos (pie^3)	x	28.317	=	Centímetros cúbicos (cm^3)
Pies cúbicos (pie^3)	x	0.028317	=	Metros cúbicos (m^3)
Pies cúbicos (pie^3)	x	28,317	=	Litros (l)
Yardas cúbicas (yd^3)	x	0.7646	=	Metros cúbicos (m^3)
Acre-Pie (Ac-Pie)	x	123.34	=	Metros cúbicos (m^3)
Onzas fluidas (US)(oz)	x	0.029573	=	Litros (l)
Cuarto (qt)	x	0.9463	=	Milímetros cúbicos (mm^3)
Cuarto (qt)	x	0.9463	=	Centímetros cúbicos (cm^3)
Galones (gal)	x	3.7854	=	Litros (l)
Galones (gal)	x	0.0037854	=	Metros cúbicos (m^3)
Galones (gal)	x	3785	=	Centímetros cúbicos (cm^3)
Pecks (pk)	x	0.881	=	Decalitros (DL)
Bushels (bu)	x	0.3524	=	Hectolitros (HL)
Cucharada	x	5	=	Mililitros (ml)
Cucharadita	x	15	=	Mililitros (ml)
Taza	x	0.24	=	Litros (l)
Pinta	x	0.47	=	Litros (l)

MÉTRICO A INGLÉS

Mililitros (ml)	x	0.03	=	Onzas fluidas (oz)
Mililitros (ml)	x	0.0610	=	Pulgadas cúbicas ($pulg^3$)
Centímetros cúbicos (cm^3)	x	0.061	=	Pulgadas cúbicas ($pulg^3$)
Centímetros cúbicos (cm^3)	x	0.002113	=	Pintas (pt)

Metros cúbicos (m^3)	x	5.3183	=	Pies cúbicos (pie^3)
Metros cúbicos (m^3)	x	1.3079	=	Yardas cúbicas (yd^3)
Metros cúbicos (m^3)	x	264.2	=	Galones (gal)
Metros cúbicos (m^3)	x	0.000811	=	Acre-Pie (Ac-Pie)
Litros (l)	x	1.0567	=	Cuarto (qt)
Litros (l)	x	0.264	=	Galones (gal)
Litros (l)	x	61.024	=	Pulgadas cúbicas ($pulg^3$)
Litros (l)	x	0.0353	=	Pies cúbicos (pie^3)
Decalitros (DL)	x	2.6417	=	Galones (gal)
Decalitros (DL)	x	1.135	=	Pecks (pk)
Hectolitros (HL)	x	3.531	=	Pies cúbicos (pie^3)
Hectolitros (HL)	x	2.84	=	Bushels (bu)
Hectolitros (HL)	x	0.131	=	Yardas cúbicas (yd^3)
Hectolitros (HL)	x	26.42	=	Galones (gal)

UNIDADES DE PRESIÓN

MÉTRICO A INGLÉS

Libras/pulgada cuadrada (psl)	x	6.8948	=	Kilopascales (kPa)
Libras/pulgada cuadrada (psl)	x	0.00689	=	Pascales (Pa)
Libras/pulgada cuadrada (psl)	x	0.070307	=	Kilogramos/cm^2 (kg/cm^2)
Libras/pie cuadrado (lb/pie^2)	x	47.8803	=	Pascales (Pa)
Libras/pie cuadrado (lb/pie^2)	x	0.000488	=	Kilogramos/cm^2 (kg/cm^2)
Libras/pie cuadrado (lb/pie^2)	x	4.8824	=	Kilogramos/m^2 (kg/m^2)
Pulgadas de Hg	x	3 376.8	=	Pascales (Pa)
Pulgadas de Agua	x	248.84	=	Pascales (Pa)
Bar	x	100,000	=	Newtons/$metros^2$ (N/m^2)

MÉTRICO A INGLÉS

Pascales (Pa)	x	1	=	Newtons/$metros^2$ (N/m^2)
Pascales (Pa)	x	0.000145	=	Libras/$pulgada^2$ ($lb/pulg^2$)
Kilopascales (kPa)	x	0.145	=	Libras/$pulgada^2$ ($lb/pulg^2$)
Pascales (Pa)	x	0.000296	=	Pulgadas de Hg (a 60 ºF)
Kilogramos/$centímetro^2$ (kg/cm^2)	x	14.22	=	Libras/$pulgada^2$ ($lb/pulg^2$)
Kilogramos/$centímetro^2$ (kg/cm^2)	x	28.959	=	Pulgadas de Hg (a 60 ºF)
Kilogramos/$metro^2$ (kg/m^2)	x	0.2048	=	Libras/pie^2 (lb/pie^2)
Centímetros de Hg	x	0.4461	=	Pies de agua
Centímetros de Hg	x	0.1939	=	Libras/$pulgada^2$ ($lb/pulg^2$)

UNIDADES DE PESO

INGLÉS A MÉTRICO

Granos (troy)	x	0.0648	=	Gramos (g)
Granos (troy)	x	64.8	=	Miligramos (mg)
Onzas (oz)	x	28.3495	=	Gramos (g)
Libras (lb)	x	0.045359	=	Gramos (g)

Libras (lb)	x	0.4536	=	Kilogramos (kg)
Toneladas (cortas 2,000lb)	x	0.9072	=	Megagramos (tonelada) métrica)
Libras/pies ^{3} (lb/pie^3)	x	16.02	=	Gramos/litros (g/l)
Libras/mil-galón (lb/milgal)	x	0.1198	=	Gramos/metros cúbicos (g/m^3)

MÉTRICO A INGLÉS

Miligramos (mg)	x	0.01543	=	Granos (troy)
gramos (g)	x	15.4324	=	Granos (troy)
gramos (g)	x	0.0353	=	Onzas (oz)
gramos (g)	x	0.0022	=	Libras (lb)
Kilogramos (kg)	x	2.2046	=	Libras (lb)
kilogramos (kg)	x	0.0011	=	Toneladas (cortas: 2,000lb)
megagramos (tonelada métrica)	x	1.1023	=	Toneladas (cortas: 2.,000lb)
gramos/litro (g/l)	x	0.0624	=	Libras/ pies ^{3} (lb/pie^3)
gramos/cu meter (g/m^3)	x	8.3454	=	Libras/mil-galón (lb/milgal)

UNIDADES DE FLUJO O CAUDAL

INGLÉS A MÉTRICO

Galones/segundo (gps)	x	3.785	=	Litros/segundo (lps)
Galones/minuto (gpm)	x	0.00006308	=	Metros^3/segundo(m^3/seg)
Galones/minuto (gpm)	x	0.277	=	Metros^3/hora (m^2/h)
Galones/minuto (gpm)	x	0.06308	=	Litros/segundo (lps)
Galones/hora (gph)	x	0.003785	=	Metros^3/hora (m^3/h)
Galones/día (gpd)	x	0.000003785	=	Millones de litros/día (Mlt/d)
Galones/día (gpd)	x	0.003785	=	Metros ^{3}/día (m^3/d)
Pies cúbicos/segundo (pie^3/seg)	x	0.028317	=	Metros ^{3}/segundo (m^3/seg)
Pies cúbicos/segundo (pie^3/seg)	x	1,699	=	Litros/minuto (lt/min)
Pies cúbicos/minuto (pie^3/min)	x	472	=	Centímetros^3/segundo (cm^3/seg)
Pies cúbicos/minuto (pie^3/min)	x	0.472	=	Litros/segundo (lps)
Pies cúbicos/minuto (pie^3/min)	x	1.6990	=	Metros ^{3}/hora (m^3/h)
Millones de galones/día(Mgd)	x	43.8126	=	Litros/segundo (lps)
Millones de galones/día(Mgd)	x	0.003785	=	Metros^3/día (m^3/d)
Millones de galones/día(Mgd)	x	0.043813	=	Metros^3/segundo (m^3/seg)
Galones/pie^2 (gal/pie^2)	x	40.74	=	Litros/metros^2 (l/m^2)
Galones/Acre/día (gal/Ac/d)	x	0.0094	=	Metros^3/hectárea/día (m^3/ha/d)
Galones/pie^2/día (gal/pie^2/d)	x	0.0407	=	Metros^3/metros^2/día (m^3/m^2/d)
Galones/pie^2/día (gal/pie^2/d)	x	0.0283	=	Litros/metros^2/día (l/m^2/d)
Galones/pie^2/minuto	x	2.444	=	Metros^3/metros^2/hora (m^3/m^2/h)
Galones/pie^2/minuto	x	0.679	=	Litros/metros^2/seg (l/m^2/seg)
Galones/pie^2/minuto	x	40.7458	=	Litros/metros^2/min (l/m^2/min)
Galones/cápita/día	x	3.785	=	Litros/día/cápita (l/per cápita)

MÉTRICO A INGLÉS

Litros/segundo (l/seg)	x	22,824.5	=	Galones/día (gpd)
Litros/segundo (l/seg)	x	0.0228	=	Millones de galones/ día (mgd)
Litros/segundo (l/seg)	x	15.8508	=	Galones/ minuto (gpm)
Litros/segundo (l/seg)	x	2.119	=	Pies cúbicos/minuto (pie^3/min)
Litros/minuto (l/min)	x	0.0005886	=	Pies cúbicos/segundo (pie^3/seg)
Centímetros cúbicos/segundo cm^3/seg)	x	0.0021	=	Pies cúbicos/minuto (pie^3/min)
Metros cúbicos/segundo (m^3/seg)	x	35.3147	=	Pies cúbicos/segundo (pie^3/seg)
Metros cúbicos/segundo (m^3/seg)	x	22.8245	=	Millones de galones/día (mgd)
Metros cúbicos/segundo (m^3/seg)	x	15,850.3	=	Galones/minuto (gpm)
Metros cúbicos/hora (m^3/h)	x	0.5886	=	Pies cúbicos/minuto (pie^3/min)
Metros cúbicos/hora (m^3/h)	x	4.403	=	Galones/minuto (gpm)
Metros cúbicos/día (m^3/d)	x	264.1720	=	Galones/día (gpd)
Metros cúbicos/día (m^3/d)	x	0.00026417	=	Millones de galones/día (mgd)
Metros cúbicos/ hectárea/día (m^3/ha/d)	x	106.9064	=	Galones/ Acre/día (gal/A/d)
Metros cúbicos/metros cuadrados/hora (m^3/m^2/h)	x	0.408	=	Galones/Pie cuadrado/ minuto (gal/pie^2/min)
Metros cúbicos/metros cuadrados/día (m^3/m^2/día)	x	24.5424	=	Galones/ Pie cuadrado/día (gal/pie^2/d)
Litros/metros cuadrados /minuto (l/m^2/min)	x	0.0245	=	Galones/ Pie cuadrado/minuto (gal/pie^2/min)
Litros/ metros cuadrados /minuto (l/m^2/min)	x	35.3420	=	Galones/ Pie cuadrado/ día (gal/pie^2/d)

VELOCIDAD, ACELERACIÓN Y FUERZA

INGLÉS A MÉTRICO

Pies/segundo (pie/seg)	x	30.48	=	Centímetros/segundo (cm/seg)
Pies/minuto (pie/min)	x	182.9	=	Kilómetros/hora (km/h)
Pies/minuto (pie/min)	x	0.305	=	Metros/minuto (m/min)
Pies/minuto (pie/min)	x	18.2880	=	Metros/hora (m/h)
Pies/hora (pie/h)	x	0.3048	=	Metros/hora (m/h)
Millas por hora (mph)	x	44.7	=	Centímetros/segundo (cm/seg)
Millas por hora (mph)	x	26.82	=	Metros/minuto (m/min)
Pies/segundo/segundo (pie/seg^2)	x	0.3048	=	Metros/segundo/segundo (m/seg^2)
Pies/segundo/segundo (pie/seg^2)	x	1.0973	=	Kilómetros/hora/segundo (km/h/seg)
Pulgadas/segundo/segundo (pulg/seg^2)	x	0.0254	=	Metros/segundo/segundo (m/seg^2)
Libras Fuerza (lbF)	x	4.44482	=	Newtons (N)

MÉTRICO A INGLÉS

Centímetros/segundo (cm/seg)	x	0.0224	=	Millas por hora (mph)
Metros/segundo (m/seg)	x	3.2808	=	Pies/segundo (pie/seg)
Metros/minutos (m/min)	x	0.0373	=	Millas por hora (mph)
Metros/minutos (m/min)	x	3.28	=	Pies/minuto (pie/min)
Metros/hora (m/h)	x	0.0547	=	Pies/minuto (pie/min)
Metros/hora (m/h)	x	3.2808	=	Pies/hora (pie/h)
Kilómetros/segundo (km/seg)	x	2.2369	=	Millas por hora (mph)
Kilómetros/hora (km/h)	x	0.0103	=	Millas por hora (mph)
Kilómetros/hora (km/h)	x	54.68	=	Pies/minuto (pie/min)
Kilómetros/hora/segundo (km/h/seg)	x	0.911	=	Pies/segundo/segundo (pie/seg^2)
Metros/segundo/segundo (m/seg^2)	x	3.2808	=	Pies/segundo/segundo (pie/seg^2)
Metros/segundo/segundo (m/seg^2)	x	39.3701	=	Pulgadas/segundo/segundo (pulg/seg^2)
Newtons (N)	x	0.2248	=	Libras Fuerza (lbF)

APÉNDICE 5

FÓRMULAS GEOMÉTRICAS

PROPIEDADES FIGURAS PLANAS

FIGURA	PROPIEDADES GENERALES	CENTROIDE (G)	MOMENTO DE INERCIA (I)	RADIO DE (R)
TRIÁNGULO	$A=\frac{bh}{2}$	$y=\frac{h}{3}$ G está en la intersección de las medianas	$I_A=\frac{bh^3}{36}$ $I_x=\frac{bh^3}{12}$ $I_{x'}=\frac{bh^3}{4}$	$r_A=\frac{h}{3\sqrt{2}}$ $r_x=\frac{h}{\sqrt{6}}$ $r_{x'}=\frac{h}{\sqrt{2}}$
CUADRADO	P= 4a $A=a^2$	$x=\frac{a}{2}$ $y=\frac{a}{7}$	$I_A=I_B=\frac{a^4}{12}$ $I_x=I_y=\frac{a^4}{3}$ $I_c=\frac{a^4}{12}$	$r_A=r_B=\frac{a}{2\sqrt{3}}$ $r_x=r_Y=\frac{a}{2\sqrt{3}}$ $r_C=\frac{a}{2\sqrt{3}}$
PARALELOGRAMO	P= 2(a+b) A= bh= ab sen∞	$x=\frac{b}{2}+\frac{a}{2}\cos\infty$ $y=\frac{h}{2}$ G se localiza como en la figura	$I_A=\frac{bh^3}{12}$ $I_x=\frac{bh^3}{3}$	$r_A=\frac{h}{2\sqrt{3}}$ $r_x=\frac{h}{\sqrt{3}}$
RECTÁNGULO	P= (b + h) A= bh	$x=\frac{b}{2}$ $y=\frac{h}{2}$	$1_A=\frac{bh^3}{12}$ $1_B=\frac{bh^3}{12}$ $1_x=\frac{bh^3}{3}$ $1_Y=\frac{bh^3}{3}$ $1_C=\frac{b^3h^3}{6\,(b^3+h^3)}$	$r_A=\frac{h}{2\sqrt{3}}$ $r_B=\frac{b}{2\sqrt{3}}$ $r_x=\frac{h}{\sqrt{3}}$ $r_Y=\frac{b}{\sqrt{3}}$ $r_C=\frac{bh}{\sqrt{6\,(b^2+h^2)}}$
POLÍGONO	a = 2R sen∞ a= 2r tan ∞ $\infty=\frac{180°}{n}$ P= na $A=\frac{arn}{2}$ $ß=\frac{(n-2)\,180°}{n}$ nß = (n-2) 180°		$I_A=I_B=\frac{arn\,(6R^2-a^2)}{48}$ $=\frac{arn\,(12r^2+a^2)}{96}$	$r_A=\frac{\sqrt{6R^2-a^2}}{24}$ $r_B=\sqrt{\frac{12r^2+a^2}{48}}$ $r_A=r_B$

PROPIEDADES DE FIGURAS PLANAS (cont.)

π

FIGURA	PROPIEDADES GENERALES	CENTROIDE (G)	MOMENTO DE INERCIA (I)	RADIO DE GIRO (R)
TRIÁNGULO c, c 2, y, G, h, x, b 2, b	$A=\frac{h(b+c)}{2}$	$y=\frac{h}{3}\,\frac{2c+b}{c+b}$ G se localiza como en la figura	$I_A=\frac{h^3(b^2+4bc+c^2)}{36(b+c)}$ $I_X=\frac{h^3(3c+b)}{12}$	$r_A=\frac{h\sqrt{b^2+4bc+2c^2}}{3\sqrt{2(b+c)}}$ $r_X=h\sqrt{\frac{b+3c}{6(b+c)}}$
CÍRCULO y, r, G, A, x, B	Circunferencia = $2\pi r=\pi d$ $A=\pi r^2=\frac{\pi d^2}{4}$	$x=r$ $y=r$	$I_A=I_B=\frac{\pi r^4}{4}=\frac{\pi d^4}{64}$ $I_X=I_Y=\frac{5\pi r^4}{4}=\frac{5\pi d^4}{64}$	$r_A=r_B=\frac{r}{2}$ $r_X=r_Y=r\frac{5}{2}$
SEMICÍRCULO y, G, A, r, x, B	$A=\frac{\pi r_2}{2}$	$x=r$ $y=\frac{4r}{3\pi}$	$I_A=r^4\frac{(9\pi-64)}{72\pi}$ $I_X=I_B=\frac{\pi r^4}{8}$ $I_Y=\frac{5\pi r^4}{8}$	$r_A=r\frac{(9\pi_2-64)}{6\pi}$ $r_Y=r\frac{\sqrt{5}}{2}$
ANILLO CIRCULAR y, r_1, r_2, A, x, B	$A=\pi(r^2_1-r^2_2)$	$x=r_1$ $y=r_1$	$I_A=I_B=\frac{\pi(r_1-r_2)}{4}$ $I_X=I_Y=I_A+Ar_2$	$r_A=\frac{\sqrt{(r_2-r_2)}}{2}$ $r_X=r_Y=\frac{\sqrt{(5r+r_2)}}{2}$

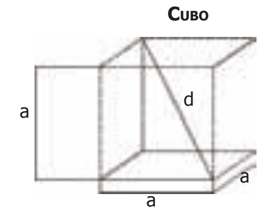
CUERPOS 1

CUBO

$V = a^3$

$0 = 6 \cdot a^2$

$d = a\sqrt{3}$

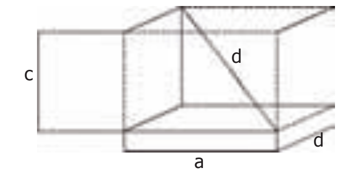




$V = a \cdot b \cdot c$

$0 = 2\,(ab + ac + bc)$

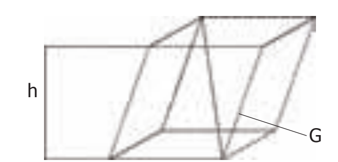
$d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$





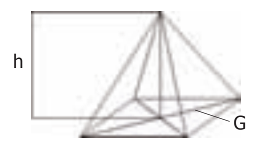
$V = G \cdot h$

(Principio de Cavalieri)



PIRÁMIDE

$V = \frac{G \cdot h}{3}$



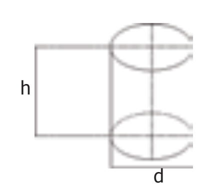
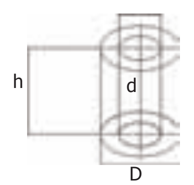
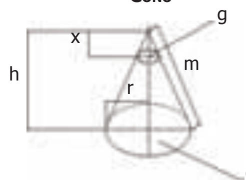
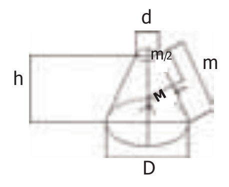
PIRÁMIDE TRUNCA

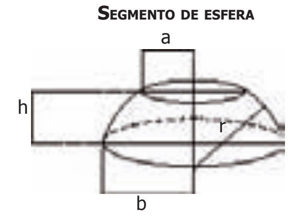
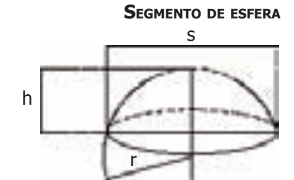
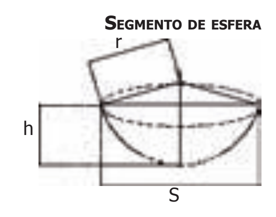
$V = \frac{h}{3}\,(G + g + \sqrt{G \cdot g})$

$= \frac{\sim h\,(G + g)}{2}$

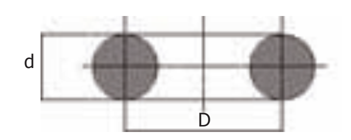
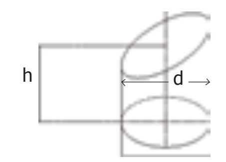
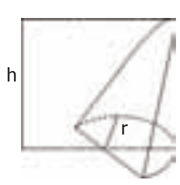
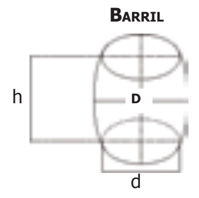
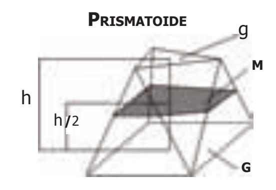


V= volumen
O= superficie total

CUERPOS 2	
$V = \frac{d^2 \cdot \pi h}{4}$ $M = 2 \cdot r \cdot \pi \cdot h$ $0 = 2 \cdot r \cdot \pi\ (r + h)$	**CILINDRO** 
$V = \frac{h \cdot \pi}{4} (D^2 - d^2)$	**CILINDRO HUECO** 
$V = r^2 \cdot \pi \cdot h/3$ $M = r \cdot \pi \cdot m$ $0 = r \cdot \pi\ (r+m)$ $m = \sqrt{h^2 + r^2}$ $g : G = x^2 : h^2$	**CONO** 
$V = \frac{\pi \cdot h}{12} (D^2 + Dd + d^2$ $M = \frac{\pi \cdot m}{2} (D + d) = 2\pi h$ $m = \sqrt{\frac{(D - d)^2 + h^2}{2}}$	**CONO TRUNCO** d  D
$V = 4/3\ r^3 \cdot \pi = 1/6\ d^3 \cdot \pi$ $= \sim 4\ 189 \cdot r^3$ $0 = 4 \cdot \pi \cdot r^2 = \pi \cdot d^2$	**ESFERA** 

CUERPOS 3	
$V = \frac{\pi \cdot h}{6}(3a^2 + 3b^2 + h^2)$ $M = 2 \cdot r \cdot \pi \cdot h$	**SEGMENTO DE ESFERA** 
$V = \pi \cdot h\left(\frac{3a^2}{6} + \frac{h^2}{4}\right)$ $= \pi \cdot h^2\left(r - \frac{h}{3}\right)$ $M = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$ $= \frac{\pi}{4}(s^2 + 4h^2)$	**SEGMENTO DE ESFERA** 
$V = \frac{2h}{3} \cdot r^2 \cdot \pi$ $0 = \frac{\pi \cdot r}{2}(4h + s)$	**SEGMENTO DE ESFERA** 
$V = \frac{\pi \cdot h^3}{6}$ $0 = 2 \cdot \pi \cdot h\,(R + r)$	**ESFERA CON PERFORACIÓN CILÍNDRICA** 
$V = \frac{2 \cdot r^2 \cdot \pi \cdot h}{3}$ $0 = 2 \cdot r \cdot \pi \sqrt{(h + r^2 - \frac{h^2}{4})}$	**ESFERA CON PERFORACIÓN CÓNICA** 

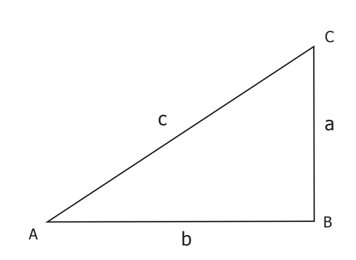
CUERPOS 4

$V = \frac{D \cdot \pi^2 \cdot d^2}{4}$ $S = D \cdot d \cdot \pi$	**ANILLO CIRCULAR** 
$V = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} h$	**CILINDRO CON CORTE INCLINADO** 
$V = \frac{2}{3} r^2 \cdot h$ $M = 2 \cdot r \cdot h$ $S = M + \frac{r^2 \cdot \pi}{2} + \frac{r\pi \sqrt{r^2+h^2}}{2}$	**SEGMENTO DE CILINDRO** 
$V = \frac{h \cdot \pi}{12} (2D^2 + d^2)$	**BARRIL** 
$V = \frac{h}{6} (G + g + 4 \cdot M)$	**PRISMATOIDE** 

APÉNDICE 6

SOLUCIONES Y FÓRMULAS GEOMÉTRICAS

SOLUCIÓN DE UN TRIÁNGULO RECTÁNGULO

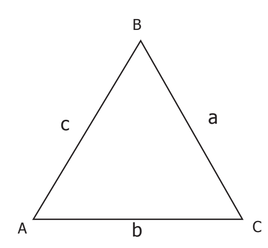


$A+B+C = 180^{o}$ (suma de ángulos internos)

$$\text{Área} = \frac{ba}{2}$$

DATOS	INCÓGNITA	FÓRMULAS
a,c	A, B, b	$\text{sen } A = \frac{a}{c}$; $\cos B = \frac{a}{c}$; $b = c^2 - a^2$
a,b	A, B, c	$\tan A = \frac{a}{b}$; $\tan B = \frac{b}{a}$; $c = a^2 + b^2$
A,a	B, b, c	$B = 90^{o} - A$; $b = a \cot A$ $c = \frac{a}{\text{sen} A}$
A,b	B, a, c	$B = 90^{o} - A$; $a = b \tan A$ $c = \frac{b}{\cos A}$
A,c	B, a, b	$B = 90^{o} - A$; $a = c \text{ sen } A$ $b = c \cos A$

SOLUCIÓN DE UN TRIÁNGULO OBLICUÁNGULO



$$\text{Área} = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}$$

$A + B + C = 180^{o}$ (suma de los ángulos internos)

$$S = \frac{a+b+c}{2}$$

DATOS	INCÓGNITA	FÓRMULAS
a , b , c	A , B , C	$\text{sen } 1/2\,A = \sqrt{\dfrac{(S-b)\,(S-c)}{bc}}$ $\text{sen } 1/2\,B = \sqrt{\dfrac{(S-a)\,(S-c)}{ac}}$ $\text{sen } 1/2\,C = \sqrt{\dfrac{(S-a)\,(S-b)}{ab}}$
9	C , b , c	$C = 180\,^{\circ} - (A + B)$ $b = \dfrac{a \text{ sen } B}{\text{sen } A} \;;\; \dfrac{c - a \text{ sen } C}{\text{sen } A}$
A , a , b	B , C , c	$\text{sen } B = \dfrac{b \text{ sen } A}{a} \;;\; C = 180^{\circ} - (A+B)$ $c = \dfrac{a \text{ sen } C}{\text{sen } A}$
C , a , b	A , B , c	$\tan A = \dfrac{a \text{ sen } C}{b - a \cos C}$ $B = 180^{\circ} - (A+C)$ $c = \dfrac{a \text{ sen } C}{\text{sen } A}$

TRIGONOMETRÍA

$$\text{sen } A = \frac{a}{c} \quad \frac{\text{lado opuesto}}{\text{hipotenusa}} \quad ; \quad \text{cosc } A = \frac{1}{\text{sen } A} \quad \frac{c}{a} \quad \frac{\text{hipotenusa}}{\text{lado opuesto}}$$

$$\cos A = \frac{a}{c} \quad \frac{\text{lado adyacente}}{\text{hipotenusa}} \quad ; \quad \sec A = \frac{1}{\text{cosA}} \quad \frac{c}{b} \quad \frac{\text{hipotenusa}}{\text{lado adyacente}}$$

$$\tan A = \frac{a}{c} \quad \frac{\text{lado opuesto}}{\text{lado adyacente}} \quad ; \quad \text{cosc } A = \frac{1}{\tan A} \quad \frac{b}{a} \quad \frac{\text{lado adyacente}}{\text{lado opuesto}}$$

PROPIEDADES DE LAS LÍNEAS TRIGONOMÉTRICAS PARA CUALQUIER ÁNGULO A

$$\tan A = \frac{\text{sen } A}{\cos A} \qquad \text{sen}^2 A + \cos^2 A = 1$$

$$1 + \tan^2 A = \sec^2 A \qquad 1 + \cot^2 A = \cos^2 A$$

$$\cot A = \frac{1}{\tan A} \quad \frac{\cos A}{\text{sen } A} \;; \qquad \sec A = \frac{1}{\cos A} \;; \qquad \text{cosc } A = \frac{1}{\text{sen } A} = \frac{\sec A}{\tan A}$$

FÓRMULAS QUE TRANSFORMAN UNA SUMA O DIFERENCIA EN PRODUCTO

$$\text{sen } A + \text{sen } B = 2 \text{ sen } \frac{A + B}{2} \cdot \cos \frac{A - B}{2}$$

$$\text{sen } A - \text{sen } B = 2 \text{ sen } \frac{A - B}{2} \cdot \cos \frac{A + B}{2}$$

Absorción*	Es el incremento en porcentaje (%), respecto a la masa seca inicial de un material sólido como resultado de la penetración de agua en los poros permeables hasta llenarlos.
Abundamiento	Incremento del volumen que presenta un material al alterarse su estado sólido natural, compacto o consolidado.
Acabado*	Es la textura final que se le da a la superficie expuesta de un elemento estructural o arquitectónico.
Achique	Efecto de disminuir o abatir el nivel o la cantidad de agua por medio de bombeo.
Adherencia*	Es el grado de liga que existe entre el concreto y el acero de refuerzo, entre los agregados y la pasta o entre los concretos.
Aditivo*	Es un material diferente del agua, de los agregados y del cemento hidráulico, que se puede emplear como componente del concreto o mortero y se agrega a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado, y que modifica algunas características del concreto.
Aglutinante hidráulico o cementante	Es el elemento que al agregarle agua ya sea solo o mezclado con arena u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar tanto al aire como bajo el agua y formar una masa endurecida.
Aire atrapado*	Vacíos en el concreto que se crean de forma natural durante el proceso de mezclado.
Aire incluido*	Burbujas de aire incorporadas intencionalmente en el mortero o concreto durante el mezclado, usualmente empleando un agente químico.
Álcali*	Sales de los metales alcalinos, principalmente el sodio (Na) y el potasio (K), que se presentan en los constituyentes

	del concreto o mortero, principalmente en el cemento, que usualmente se expresa en análisis químico como el óxido de sodio (Na_2O) y óxido de potasio (K_2O).
Amacise	Efecto de dar solidez y consistencia.
Apisonar*	La operación de acomodar el concreto fresco o un relleno con golpes repetidos en la superficie con la herramienta adecuada.
Arcilla*	Material natural mineral compuesto por partículas muy finas principalmente silicato de aluminio hidratado y ocasionalmente silicato de magnesio hidratado, que posee propiedades plásticas.
Asentamiento	Desplazamiento vertical que presenta una edificación a causa de la consolidación del suelo sobre el que se desplanta.
Banco de nivel	Referencia fija y permanente de los niveles en una obra.
Brecha	Camino semi habilitado para el tránsito de vehículos, sin revestimiento o nivelación especiales.
Calor de hidratación*	Calor causado por la reacción química del cemento con el agua.
Capilaridad*	Es el movimiento de un líquido a través de un sistema poroso debido a tensión superficial.
Cemento de resistencia rápida	Concreto capaz de alcanzar la resistencia especificada a la edad de 14 días, o sea, a una edad menor que la del concreto normal.
Cemento Hidráulico	Es un material inorgánico finamente pulverizado que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava, asbesto u otros materiales tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que, una vez endurecido, desarrolla su resistencia y conserva su estabilidad.
Clinker Pórtland	Es el producto artificial que resulta de la calcinación y sintetización de los crudos del cemento a una temperatura alta y durante el tiempo necesario, y que por enfriamiento adecuado obtienen la composición química y mineralógica requerida.
Colado*	Colocación y consolidación del concreto fresco.

Compacidad	Propiedad de un material para compactarse.
Concreto celular*	Concreto muy ligero que se logra por la adición de una espuma preparada o por generación de gas en mezclas no endurecidas.
Concreto ciclópeo*	Masa de concreto en la cual se colocan piedras grandes de 30 kg o más y se embeben en el concreto al tiempo que se deposita.
Concreto de resistencia rápida	Concreto capaz de alcanzar la resistencia especificada a la edad de 14 días, osea, a una edad menor que la del concreto normal.
Concreto estructural*	Concreto empleado para soportar esfuerzos y formar una parte integral de una estructura.
Concreto lanzado*	Mortero o concreto, neumáticamente proyectado a alta velocidad sobre una superficie.
Concreto ligero*	Concreto con masa unitaria menor de 1800 kg/cm^2.
Concreto reforzado*	Concreto que en combinación con el acero de refuerzo es capaz de resistir esfuerzos de compresión o tensión u otros esfuerzos.
Concreto simple*	Concreto sin acero de refuerzo.
Contracción por secado*	Reducción del volumen del estado plástico causada por la pérdida de agua.
Contracción*	Disminución de volumen en el concreto o mortero causado por pérdida de agua, cambios químicos y temperatura a lo largo del tiempo.
Control de calidad*	Sistema de procedimientos y pruebas para mantener el rango de calidad deseado de un producto.
Corte de sierra*	Corte en el concreto endurecido utilizando discos con corona de diamante o de silicón-carburo.
Criba, malla o tamiz*	Placa metálica o lámina, tela de alambre tejida u otro dispositivo similar, con espacios abiertos regulares de tamaño uniforme montados en un marco o soporte a-propiado para usarse en la separación de materiales de acuerdo a su tamaño.
Durabilidad	Es la capacidad del concreto hidráulico para uso estructural de resistir durante un tiempo determinado (vida útil) la acción ambiental, ataques químicos, abrasión, corrosión del acero de refuerzo o cualquier otro proceso de

	deterioro, para mantener su armado original propicio de servicio y propiedades mecánicas.
Escoria de alto horno* por temperatura*	El producto está formado esencialmente por silicatos de aluminio y fierro y otras bases que se desarrollan en condición fundida simultáneamente con el fierro en un alto horno.
Esfuerzo*	Magnitud de fuerzas internas por unidad de área producidas por cargas externas.
Espécimen*	Parte representativa de un material que se emplea para determinar sus características.
Estructura	Conjunto de elementos de una construcción cuya función es la de resistir cargas y/o acciones para las que fue diseñada, incluyendo los efectos del medio ambiente al que esté sometido.
Fisura*	Abertura superficial del concreto que no tiene consecuencias estructurales.
Fisuramiento o malla*	Abertura debida a cambios térmicos.
Flujo capilar*	Flujo de la humedad a través de un sistema poroso capilar.
Fraguado*	La condición alcanzada por una pasta de cemento, mortero o concreto cuando pierde plasticidad en un grado arbitrario, usualmente medida en términos de resistencia a la penetración o deformación; fraguado inicial referido al primer endurecimiento; fraguado final referido a la obtención de una rigidez significativa.
Granulometría*	Distribución de partículas de un material granular en tamaños definidos expresada en porcentaje.
Grava triturada*	Producto que resulta de la fragmentación artificial de rocas.
Grieta*	Abertura en el concreto de magnitud importante que puede ser el inicio de una falla estructural.
Hincado	Efecto de introducir o clavar por medios mecánicos y neumáticos un pilote en el suelo.
Laja*	Son aquellas partículas planas y alargadas.
Medido en banco	Medido compacto o medido antes de fragmentarse.

Mezclado Acción de revolver los componentes del concreto o mortero con el fin de formar una masa homogénea.

Modulo de elasticidad* Relación entre esfuerzo y deformación unitaria.

Mojonera Referencia que se coloca en el terreno para indicar la intersección de ejes o cambios de dirección en los trazos de un polígono topográfico. Usualmente es una estaca de madera clavada al suelo con un clavo en la parte superior.

Muestra* Porción representativa de un material.

Muestreo* Es la acción o conjunto de acciones para obtener una muestra.

Núcleo o corazón* Muestra cilíndrica de concreto endurecido o roca, extraída por medio de una broca hueca.

Número de criba Número usado para designar la abertura de una criba.

Pisón Herramienta usada para consolidar por impacto en moldes o formas.

Porcentaje de finos* Cantidad expresada en porcentaje que pasa por una criba dada, usualmente la criba no. 200; también la cantidad de material fino de una mezcla de concreto expresada como porcentaje de la masa de la cantidad total.

Porosidad* Porción usualmente expresada en porcentaje del volumen de vacíos en un material al volumen total del mismo, inducido al vacío.

Puzolana* Material sílico o sílice aluminoso que por sí solo posee un pequeño o ningún valor cementante, finamente dividido y en presencia de humedad, es químicamente reactivo con hidróxido de calcio (Ca_2OH), a temperatura ordinaria para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

Reacción álcali-agregado* Reacción entre los álcalis (potasio y sodio) del cemento Portland y ciertas rocas de origen sílico o carbonatadas presentes en algunos agregados, principalmente en la caliza dolomítica; la consecuencia de la reacción puede ser la expansión anormal.

Recubrimiento Es la protección que le da el concreto al acero de refuerzo contra el medio ambiente. Es la distancia medida desde la superficie del concreto a la parte más cercana del acero de refuerzo (incluyendo a los zunchos, anillos y estribos).

Refractario	Material resistente a altas temperaturas.
Resistencia a la abrasión	Es la capacidad de carga a compresión por unidad de área del concreto hidráulico, medida en ensayes de especímenes cilíndricos elaborados, curados y probados en las condiciones especificas, generalmente expresada en Kg/cm2.
Resistencia a la compresión	La característica de una superficie a resistir el desgaste por roce o fricción.
Resistencia especificada a la compresión	Es la resistencia a la compresión determinada en proyecto hasta la rotura del especímen, para una edad convenida y cuya probabilidad de que no sea alcanzada es del 10 %, establecida con un nivel de confianza del 99%.
Revenimiento	Medida de la consistencia del concreto fresco.
Reventón	Hilo que se tensa para marcar trazos en la obra.
Revoltura	Conjunto de los componentes del conreto, que intervienen en una sola operación de mezclado.
Rigidez	Resistencia a la deformación.
Rostreado	Es el aparentado natural de alguna de las caras de un bloque de piedra.
Sangrado	Flujo capilar de un parte del agua de mezclado hacia la superficie del concreto.
Sitio de Colocación	Es el lugar o elemento de la estructura donde se vacía el concreto para tomar su forma definitiva.
Sobrevibrado	Exceso de tiempo de vibrado durante la colocación del concreto fresco, que causa segregación y sangrado.
Sobrevibrado	Exceso de tiempo de vibrado durante la colocación del concreto fresco, que causa segregación y sangrado.
Subestructura	Elementos estructurales que forman la cimentación.
Superestructura	Elementos estructurales (columnas, losas, trabes) que forman la estructura.
Talocha	Herramienta de madera de forma plana y rígida, auxiliar en la colocación de aplanados.
Tamaño máximo	Dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa la totalidad de un agregado con tolerancias en cuanto al retenido en dicha criba.

Troquel o ademe* Estructura integrada por elementos de madera o metal, que unidos y acoplados entre sí contienen empujes de tierra.

Usuario Es el constructor, propietario de la obra o su representante, responsable del empleo apropiado del concreto en la obra.

* Definiciones contenidas en la norma mexicana NMX-C-251-ONNCCE.

Industria de la Construcción. Concreto. Terminología.

Índice sintético I Índice general I

México, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), S.C. 1997, 1998, 1999, 2000 y 2001. México, Normas mexicanas serie "B" (NMX-B).

Normas mexicanas 1, 72, 113, 172, 231, 253, 290, 294, 310 y 434 .

Normas mexicanas serie "C" (NMX-C).

Normas mexicanas 14, 21, 30 - ONNCCE, 58, 59 - ONNCCE, 60, 61, 71, 72 - ONNCCE, 73, 75 - ONNCCE, 76, 77 - ONNCCE, 81, 83 - ONNCCE, 84, 85, 88 - ONNCCE, 90, 111, 117, 122, 132 -ONNCCE, 140, 144, 146 - ONNCCE, 152 - ONNCCE, 153, 164, 165, 166, 170 - ONNCCE, 179, 180, 196, 199, 200, 237, 240, 241, 244, 245, 255, 265, 270, 271 - ONNCCE, 277, 282, 283, 298, 299, 304, 305, 309, 329, 330, 331, 356, 403, 407, 411 Y 414.

Parker, Harry y Ambrose, James. *Diseño simplificado de concreto reforzado*. 3a. ed., Limusa, 1996, 2a. reimpresión, México, 2001.

Merritt, Frederick S. *Manual del ingeniero civil,* 4a. ed. Mc Graw Hill Interamericana, Tomos I, II, III y IV, México, 1999.

Suárez Salazar, Carlos. *Costo y tiempo en edificación*, 3a. ed. Limusa, 1977, 27a. reimpresión, México, 2001.

Neville, Adam N. *Tecnología del concreto*, 3a ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, AC , México, 1992.

Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría General Administrativa, Dirección General de Obras y Servicios Generales, 1996, Libros 1o. , 2o., 3o. y 4o.

CONTENIDO

Siguiente I

ÍNDICE DE TABLAS

Índice de fotografías

ÍNDICE DE FIGURAS

Coordinación editorial

Fernando Porrúa

Cuidado de la edición

José Luis García Rivero[1]

Silvia Guzmán

Fernando Porrúa

Diseño editorial

Silvia Guzmán[2]

Dibujo técnico

Alejandro Valdés

[1] **José Luis García Rivero**, autor de este manual, es ingeniero civil egresado de la Escuela de Ingeniería de la Universidad La Salle. Ha impartido las cátedras de Construcción I y II en la misma Universidad desde 1990 hasta 2000. Actualmente es consultor independiente en temas de ingeniería y construcción y director de www.hagotucasa.com

[2] **Silvia Guzmán Bofill**, diseñadora de este manual, tanto en su fase impresa como en su conversión a la plataforma digital, es Maestra en Edición por la Universidad de Guadalajara y profesora-investigadora de la Universidad Autónoma Metroplitana, Unidad Azcapotzalco, donde imparte la materia de Diseño Editorial e investiga en el Área de Análisis y Prospectiva del Diseño.